

**Artvin-Murgul Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının Odun
Üretimi, Biyokütle, Karbon Depolama, Toprak Islahı ve
Erozyonu Önleme Yönlerinden Araştırılması**

Proje No: 106O418

Doç.Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Sinan GÜNER

**KASIM 2008
ANKARA**

ÖNSÖZ

Ülkemizin her yıl yaklaşık Kıbrıs adası büyüklüğünde bir kısmı erozyonla denizlere taşınmaktadır. Önlem alınmadığı takdirde Türkiye'nin çölleşmeye doğru yol aldığı ileri sürülmektedir. Bu iki önemli problemin önlenmesinde en önemli çözümlerden biri ağaçlandırmadır. Ancak, yapılacak ağaçlandırmaların başarılı olması ve erozyonu önlemede etkin rol oynaması için tür seçimi son derece önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca hızla etkisini biraz daha hissettiren küresel ısınmanın azaltılmasında en etkin çözümlerden biride daha fazla ağaçlandırma yapılmasıdır.

Bu bağlamda Artvin-Murgul yalancı akasya ağaçlandırmaları bu çalışmaya konu edilmiş, yörede asit yağışlardan etkilenen sahaları rehabilite etmek amacıyla yapılan ağaçlandırmalar toprak ıslahı, karbon depolama, odun üretimi ve ekonomik faydalar (kabaca) yönlerinden incelenmiştir.

Çalışmanın yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen Artvin Orman Bölge Müdürlüğüne ve Çevre ve Orman İl Müdürlüğüne ve ilgili personellerine sonsuz teşekkürü bir borç bilmekteyiz. Çalışmanın arazi ve laboratuvar çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. Mehmet KÜÇÜK, Orman Yük. Müh. Ahmet DUMAN, Orman Müh. Serkan GÜLENAY ve Volkan YAĞCIYA en içten teşekkürlerimizi sunuyoruz. Çalışmanın yürütülmesinde desteklerinden ötürü TÜBİTAK ve ilgili personeline teşekkür ediyoruz. Çalışma TÜBİTAK-TOVAG tarafından 106 O 418 nolu proje olarak desteklenmiştir.

Çalışmanın bilime ve insanlığa faydalı olması en büyük arzumuzdur.

Yrd. Doç.Dr. Sinan GÜNER

Doç. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Kasım, 2008

Artvin

İÇİNDEKİLER	SAYFA
NO	
ÖNSÖZ	2
İÇİNDEKİLER	3
ÇİZELGE LİSTESİ	5
ŞEKİL LİSTESİ	6
ÖZET	8
ABSTRACT	8
I. GİRİŞ	9
II. GENEL BİLGİLER	11
III. GEREÇ VE YÖNTEM	14
3.1. Odun üretimi, karbon depolama ve biyokütlenin belirlenmesinde uygulanan yöntemler	16
3.2. Toprak özelliklerinde oluşacak iyileşmenin belirlenmesinde uygulanan yöntemler	18
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması	18
3.2.2. Toprak Örneklerinin Analizi	19
IV. BULGULAR	23
4.1. Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular	23
4.1.1. Toprak Solunumuna İlişkin Bulgular	23
4.1.2. Toprak Nemi ve Sıcaklığına İlişkin Bulgular	23
4.1.3. Toprak Tekstürüne İlişkin Bulgular	25
4.1.3.1. Kum Miktarına Ait Bulgular	25
4.1.3.2. Kil Miktarına Ait Bulgular	27
4.1.3.3. Toz Miktarına Ait Bulgular	28
4.1.4. Toprak pH'sına İlişkin Bulgular	30
4.1.5. Toprak Organik Maddesine İlişkin Bulgular	31
4.1.6. Toprak Besin Elementlerine İlişkin Bulgular	31
4.1.7. Su Tutma Kapasitesine İlişkin Bulgular	31
4.2. İnfiltrasyona İlişkin Bulgular	35
4.3. Yüzeysel Akış ve Taşınan Sediment Miktarlarına İlişkin Bulgular	39
4.4. Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	40
4.4.1. Topraküstü Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	40

4.4.2. Toprakaltı Biyokütle ve Karbon Stoklarına İlişkin Bulgular	40
4.4.2.1. Kalın Kök Kütlesi ve Karbon Eşdeğeri	40
4.4.2.2. Kılcal ve İnce Kök Kütlesi ve Karbon Eşdeğeri	43
4.4.3. Toplam Biyokütle ve Karbon Stoğu	44
4.5. Ekonomik Faydaya İlişkin Bulgular	45
V. TARTIŞMA	45
5.1. Toprak Özelliklerine İlişkin Bulguların İrdelenmesi	45
5.1.1. Toprak Solunumu	45
5.1.2. Toprak Nemi ve Sıcaklığı	46
5.1.3. Toprak Tekstürü	46
5.1.3.1. Kum	46
5.1.3.2. Kil	47
5.1.3.3. Toz	47
5.1.4. Toprak pH'sı	47
5.1.5. Toprak Organik Maddesi	47
5.1.6. Toprakların Besin Elementi İçerikleri	48
5.2. İnfiltrasyon	48
5.3. Yüzeysel Akış ve Taşınan Sediment Miktarları	49
5.4. Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	50
5.4.1. Topraküstü Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	50
5.4.2. Toprakaltı Biyokütle ve Karbon Stokları	50
5.4.2.1. Kalın Kök Kütlesi ve Karbon Stoğu	50
5.4.2.2. Kılcal ve İnce Kök Kütlesi ve Karbon Stokları	51
5.4.3. Toplam Biyokütle ve Karbon Stoğu	51
5.5. Ekonomik Fayda	51
VI. SONUÇ ve ÖNERİLER	52
VII. KAYNAKLAR	53
VIII. EKLER	

Çizelgeler Listesi		Sayfa No
Çizelge 1.	Deneme alanlarına ait ortalama toprak solunumu miktarları (g C m ⁻² . gün ⁻¹)	24
Çizelge 2.	Deneme alanlarına ait ortalama nem miktarları (%)	25
Çizelge 3.	Deneme alanlarına ait ortalama toprak sıcaklık değerleri (°C)	26
Çizelge 4.	Derinliğe göre deneme alanlarındaki ortalama kum değerleri (%)	27
Çizelge 5.	Derinliğe göre deneme alanlarındaki ortalama kil değerleri (%)	28
Çizelge 6.	Derinliğe göre deneme alanlarındaki ortalama toz değerleri (%)	29
Çizelge 7.	Deneme alanlarına ait topraklardaki ortalama pH değerlerinin zamana göre değişimleri	30
Çizelge 8.	Deneme alanlarına ait topraklardaki organik madde miktarları değişimi	32
Çizelge 9.	Topraktaki ortalama bitki besin maddesi konsantrasyonlarının bitki örtüsü, bakı ve derinliğe göre değişimi	33
Çizelge 10.	Deneme alanlarındaki ortalama kümülatif infiltrasyon miktarının mevsimlere göre değişimi	35
Çizelge 11.	Kesilen ağaçların kuru ağırlıkları ve karbon içerikleri	41
Çizelge 12.	Akasya deneme alanlarında hektardaki toprak üst biyokütle ve karbon stoğu değerleri	41
Çizelge 13.	Deneme alanlarındaki ortalama kalın kök miktarları ve kalın köklerdeki karbon stokları	42
Çizelge 14.	Deneme alanlarında ortalama kılcal kök kütleleri	43
Çizelge 15.	Deneme alanlarında ortalama kılcal kök (0-2 mm) karbon kütlesi ve yıllık karbon depolaması	44
Çizelge 16.	Derinlik Kademeleri ve bakıya göre ortalama ince kök (2-5 mm) değerleri ve ince kök karbon stokları	44
Çizelge 17.	Araştırma alanında ortalama toplam biyokütle ve karbon stoğu	45

Şekiller Listesi		Sayfa No
Şekil 1.	Deneme alanlarının şematik görünümü	14
Şekil 2.	Murgul Bakır Fabrikasından çıkan gaz zararından etkilenmiş fakat henüz ağaçlandırılmamış sahadan görünüm	15
Şekil 3.	Deneme alanlarının alındığı sahalardan görünüm	15
Şekil 4.	Kesilen akasyaların tartılması ve yaprakların dallardan ayrılmasından görüntüler	17
Şekil 5.	Kalın kök kütlesinin belirlenmesi amacıyla açılan toprak çukurundan görünüm	17
Şekil 6.	İnce kök kütlesi örneklemesinden görünüm	18
Şekil 7.	İnfiltrasyon ölçümünden bir görünüm	20
Şekil 8.	Akasyalık (A) ve çayırılık (B) alanda yüzeysel akış ölçüm parselleri	21
Şekil 9.	Deneme alanlarında ölçülen toprak solunumu değerlerinin farklı bakılardaki değişimi(2006-2007)	24
Şekil 10.	Dönemlere göre ortalama toprak nem değerlerinin değişimi	25
Şekil 11.	Dönemlere göre ortalama toprak sıcaklığının değişimi	26
Şekil 12.	Derinliğe göre ortalama kum değerlerin değişimi (%)	27
Şekil 13.	Derinliğe göre ortalama kil değerlerin değişimi (%)	28
Şekil 14.	Derinliğe göre ortalama toz değerlerinin değişimi (%)	29
Şekil 15.	Derinliğe göre deneme alanlarına ait toprakların pH değişimleri	30
Şekil 16.	Dönemlere göre deneme alanlarına ait toprakların organik madde değişimleri	32
Şekil 17.	0-15cm toprak derinlik kademesindeki besin maddelerinin değişimi	33
Şekil 18.	15-30 cm toprak derinlik kademesindeki besin maddelerinin değişimi	34
Şekil 19.	30-50 cm toprak derinlik kademesindeki besin maddelerinin değişimi	34
Şekil 20.	50-70 cm toprak derinlik kademesindeki besin maddelerinin değişimi	35
Şekil 21.	Deneme alanlarında ilkbahar döneminde infiltrasyon kapasitesi (A) ve kümülatif infiltrasyon miktarının (B) zamana göre değişimi	36
Şekil 22.	Deneme alanlarında yaz döneminde infiltrasyon kapasitesi (A) ve kümülatif infiltrasyon miktarının (B) zamana göre değişimi	37
Şekil 23.	Deneme alanlarında sonbahar döneminde infiltrasyon kapasitesi (A) ve kümülatif infiltrasyon miktarının (B) zamana göre değişimi	38
Şekil 24.	Deneme alanlarındaki ortalama yüzeysel akış miktarları (kg/ha)	39

Şekil 25.	Deneme alanlarında ortalama taşınan sediment miktarları (kg/ha)	40
Şekil 26.	Yalancı akasya sahalarında toplam ağaç kütlesinin çapa göre değişimi	42
Şekil 27.	Kalın kök(>5mm) kütlesi miktarlarının derinlik ile değişimi	43

ÖZET

Bu çalışmada, Artvin-Murgul yöresinde 1996 yılında dikimle oluşturulmuş yalancı akasya meşcereleri: 1) odun üretimi; 2) toprak üstü ve toprak altı biyokütle, 3) karbon depolama; 4) toprak ıslahı (besin ve toprak kalitesini artırma); 5) erozyonu önleme yönlerinden incelenmiştir. Bu amaçla yalancı akasya ağaçlandırma alanlarından ve bitişiğindeki ağaçlandırılmayan sahalardan (kontrol) toprak örnekleri alınmış ve arazide toprak solunumu, infiltrasyon, yüzeysel akış ve sediment taşınması ölçmeleri yapılmıştır. Alınan örneklerde tanelilik (tekstür), su tutma kapasitesi, organik madde, pH, N, P, K, Ca, Mg tayinleri yapılmıştır. Odun üretimi ve biyokütlelerin belirlenmesi amacı ile alanda ağaçlar kesilmiş ve kök örnekleri alınmıştır.

Çalışma sonucunda akasyalık sahaların yüzeysel akış ve erozyonu önlemede çayırılık (kontrol) alanlara göre 5 kat daha etkili olduğu saptanmıştır. Akasya sahaları toprak ıslahı yönlerinden çayırılık alanlara kıyasla fazla bir iyileşme yapamamıştır. Çayırılık alandaki toprak solunumu akasyalık alandan daha fazla ölçülmüştür. Toprak organik maddesi bakımından akasya ile çayırılık alan arasında önemli farklılık bulunamamıştır. Toprak üstü ve toprakaltı karbon depolama bakımından akasyalık saha çayırılık alana kıyasla önemli oranda karbon depolamıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalancı akasya, üretim, kök kütlesi, karbon depolama, erozyon, toprak solunumu,

ABSTRACT

In this study, black locust plantations in Artvin-Murgul (established in 1996) have been investigated for the purposes of: 1) wood production, 2) above- and belowground biomass, 3) carbon storage, 4) soil quality improvement, 5) erosion control. For these purposes, soil samples were taken from black locust planted and control areas, and soil respiration, soil infiltration, surface runoff, sediment removal, water holding capacity, soil organic matter, texture, pH, N, P, K, Ca, Mg contents were determined in both areas. Sample trees were cut to determine aboveground biomass and carbon storage. Root samples were taken to determine root biomass and root carbon storage. Surface runoff and erosion were five-fold lower in black locust stands compared to controls (grasslands). Soil quality improvement in black locust areas were not significantly higher than grasslands. Grasslands had higher soil respiration rates compared to black locust areas. Soil organic matter did not differ significantly between grasslands and black locust areas. Above- and belowground carbon storage were higher in black locust areas than in grasslands.

Keywords: Black locust, root biomass, production, carbon storage, erosion, soil respiration.

I. GİRİŞ

Küresel ısınma şüphesiz 21. yüzyılın en önemli ekolojik problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut ormanlar hali hazırda karbon depolamaya devam ettiklerinden, küresel ısınmanın azaltılmasında elde edilecek başarı büyük ölçüde potansiyel ağaçlandırma alanlarının ağaçlandırılması ile depolanabilecek karbona bağlıdır. Bu bağlamda, yalancı akasya hızlı büyüyen ve değişik ortamlara iyi adapte olan bir tür olarak karşımıza çıkmakta, ancak değişik arazi koşullarında depoladığı karbon miktarı bilinmemektedir. Örneğin 1 ha'lık yalancı akasya ağaçlandırması yaklaşık 10 yıllık bir süre zarfında, bir arabanın tüm ömrü boyunca yaydığı karbonu (8.5 ton) havadan depolayabilmektedir (Tüfekçioğlu ve Ark., 2002; Çepel 2002).

Ülkemizin her yıl yaklaşık Kıbrıs adası büyüklüğünde bir kısmı erozyonla denizlere taşınmaktadır. Önlem alınmadığı takdirde Türkiye'nin çölleşmeye doğru yol aldığı ileri sürülmektedir. Bu iki önemli problemin önlenmesinde en önemli çözümlerden biri ağaçlandırmadır. Ancak, yapılacak ağaçlandırmaların başarılı olması ve erozyonu önlemede etkin rol oynaması için, tür seçimi son derece önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ağaçlandırmalardan beklenen önemli faydalardan biride odun üretimidir. Bu noktada da önemli sorunlardan biri tür seçimidir. Tür seçiminin doğru yapılabilmesi için türlerin ekolojilerinin ve değişik ağaçlandırma sahalarında gösterdikleri uyum ve performansın çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Son yıllarda ağaçlandırmalarda sıkça kullanılan türlerden biride yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*)'dır. Yalancı akasya kanaatkar bir tür olması, gençlikte hızlı büyümesi, çiçeklerinin arıcılıkta faydalı olması, kökleri ile azot bağlaması ve odunun yüksek kalori değerine sahip, sert ve dayanıklı olması özellikleri ile ağaçlandırmalarda tercih edilen türlerden biridir.

Yukarıda bahsedilen bir çok faydalı özelliği bünyesinde barındıran yalancı akasya; Artvin Orman Bölge Müdürlüğü sahalarında özellikle yol şevi erozyon ve heyelan kontrol ağaçlandırmalarında, orman içi ve açık alanlarda erozyon kontrolü çalışmalarında bolca dikilmiştir. Benzer şekilde Artvin-Murgul yöresinde erozyonu önleme amacıyla 1996 yılında bolca dikilmiştir. Ancak, geçen süre zarfında yalancı akasyanın yapmış olduğu odun üretimi, toprak üstü ve toprak altı büyüme (biyokütle),

toprak özelliklerinde oluşturduğu değişim ve iyileşme, erozyonu önleme de oynadığı rol ve depoladığı karbon miktarı bilimsel olarak ortaya konmamış bulunmaktadır. Yalancı akasyanın bu sahalarda sağladığı ekolojik faydaların ortaya konması ve karbon kazanımının belirlenmesi hem küresel ısınmanın önlenmesi bakımından hem de ülkemizdeki yüksek erozyonun azaltılması bakımından önem arz etmektedir. Bu bağlamda yöredeki yalancı akasya ağaçlandırmaları bu proje konu edilmiş ve aşağıdaki amaçlar çerçevesinde bilimsel olarak incelenmiştir. Bu amaçları şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Artvin-Murgul yöresindeki yalancı akasya ağaçlandırmalarının, dikimden bu güne kadar geçen süre zarfında ortaya koyduğu odun üretiminin belirlenmesi
2. Toprak üstü ve toprak altı biyokütle ve depolanan karbon miktarının belirlenmesi;
3. Yalancı akasyanın geçen süre zarfında toprak özelliklerinde yaptığı iyileşmenin hemen bitişiğindeki ağaçlandırılmayan kontrol alanları ile kıyaslanarak belirlenmesi:
 - a) Fiziksel toprak özelliklerindeki (su tutma kapasitesi ve infiltrasyon oranı) iyileşmelerin belirlenmesi,
 - b) Toprak bitki besin elementleri içeriklerinin belirlenmesi
 - c) Toprağın organik madde içeriğindeki artışın belirlenmesi,
 - d) Toprak biyolojik aktivitesinde (mikroorganizma faaliyeti) meydana gelen değişimin belirlenmesi;
4. Yalancı akasya ağaçlandırma sahaları ve bitişiğindeki açık alanlarda yüzey erozyonunun belirlenmesi,
5. Odun üretiminden elde olunacak ekonomik faydanın kabaca ortaya konması

II.GENEL BİLGİLER

Yalancı akasya kurak bölge ağaçlandırmalarında başarı ile kullanılan önemli yabancı (egzotik) türlerimizden biridir. Doğal yayılış alanı Kuzey Amerika Kıtasının Güneydoğu kesimleridir. Ancak günümüzde Amerika, Avrupa ve Asyanın birçok yerinde doğallaşma eğiliminde olan bir tür görünümündedir (Barret ve Ark., 1990). Doğal yayılış alanında 35 m boy ve 1 m çapa ulaşabilmektedir. Duke (1983), yalancı

akasyayı Amerikan ormanlarının en önemli türü olarak tanımlamaktadır. Yalancı akasya; gençlikte hızlı büyümesi, kökleri ile havanın serbest azotunu bağlayabilmesi, kuraklığa dayanıklı olması, fakir yetiştirme ortamlarında gelişebilmesi, odununun çürümeye karşı dayanıklı olması, iyi yanması, yapraklarının hayvanlar tarafından sevilerek yenmesi, çiçeklerinin arılar tarafından tercih edilmesi gibi özellikleri nedeniyle ağaçlandırma çalışmalarında en çok kullanılan türlerden biridir.

Yalancı akasya kökleri ile ortak yaşayan *Rhizobium sp.* bakterileri sayesinde havanın serbest azotunu bağlamakta ve bu şekilde toprağı azotça zenginleştirmektedir. Toprağı kazandırılan azot 75 ile 200 kg/ha kadar olabilmektedir. Bu miktar kıvılağı tarafından toprağı kazandırılan miktardan biraz daha fazladır (50-150 kg/ha) (Brady ve Weil, 1999). Duke (1983) yalancı akasya meşcerelerinde, dikimden 20 yıl sonra 0-50 cm toprak profilinde 670 kg/ha azot artışı olduğunu belirtmektedir. Bu değeri hektara yaklaşık 3 ton azotlu gübre (% 21 azotlu gübre olarak) eşdeğer olmakta bu da yaklaşık olarak 600 YTL'ye karşılık gelmektedir.

Yalancı akasya pH değeri 4.6 ile 8.2 arasında değışen topraklarda gelişebilmekte, fakat en iyi gelişimini havalanma ve drenaj durumu iyi olan, kalkerli balçık topraklarında yapmaktadır (Hanover, 1993). Gölgede ve uzun süreli durgun suyun olduğu topraklarda gelişememektedir. Kuraklığa karşı direncinin yüksek olması ve bitki besin maddesi bakımından kanaatkar olması yalancı akasyayı ağaçlandırılması güç alanlarda bile kullanılabilir bir tür konumuna sokmaktadır. Açık maden ocaklarının işletmelerinden arta kalan materyallerin ağaçlandırılmasında toprağı azotça zenginleştirebilmek amacıyla azot bağlayabilen *R. pseudoacacia* gibi türlerden yararlanılabileceğı ifade edilmektedir (Kantarci, 2000). *Robinia pseudoacacia* bu bağlamda Avrupada da önem taşımaktadır ve azotça fakir sahalarda, toprak taşınmasına uğramış alanlarda ve kömür ocaklarının artıklarının durağan hale getirilmesinde kullanılmaktadır (Sprent and Sprent 1990).

Yalancı akasya odunu çok değeri olup, özgül ağırlığı 0.68 gr/cm³'dür. Bu değeri Amerika'da yetişen diğeri türlerin özgül ağırlık ortalamasından (0.51 gr/cm³) oldukça yüksektir (Hanover, 1993). Odununun kalori değeri (4570 Kcal/kg) diğeri ağaç türlerimizle karşılaştırıldığında; meşe, huş, gürgen, kavak ve akçaağı gibi türlerden daha yüksektir (Duke, 1983; Bozkurt, 1986). Odunu içersinde bulunan taxifolin maddesi (% 4) mantarların büyümesini engelleyen bir madde olduğundan odunu

ayrışmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Simith ve Arkadaşları (1989) yalancı akasyanın öz odununun ayrışmaya karşı direncinin en az suni koruyucu maddeler uygulanmış odunlar kadar olduğunu bildirmektedir. Bu nedenle, odunu çit kazığı, kayık ve telefon direği yapımında, karoser sanayinde vb. gibi alanlarda aranan bir türdür.

Yalancı akasyanın çiçeklerinden elde edilen bal oldukça kıymetli olup marketlerde tercih edilmektedir. Macaristan'da yalancı akasya plantasyonları bal üretimi için hayati önem taşımaktadır (Kresztezi, 1983). Ülkemizde daha fazla süre çiçekte kalan yalancı akasya genotipleri belirlenerek bunların arıcılığın yoğun olduğu bölgelerdeki ağaçlandırmalarda kullanılması gerekmektedir.

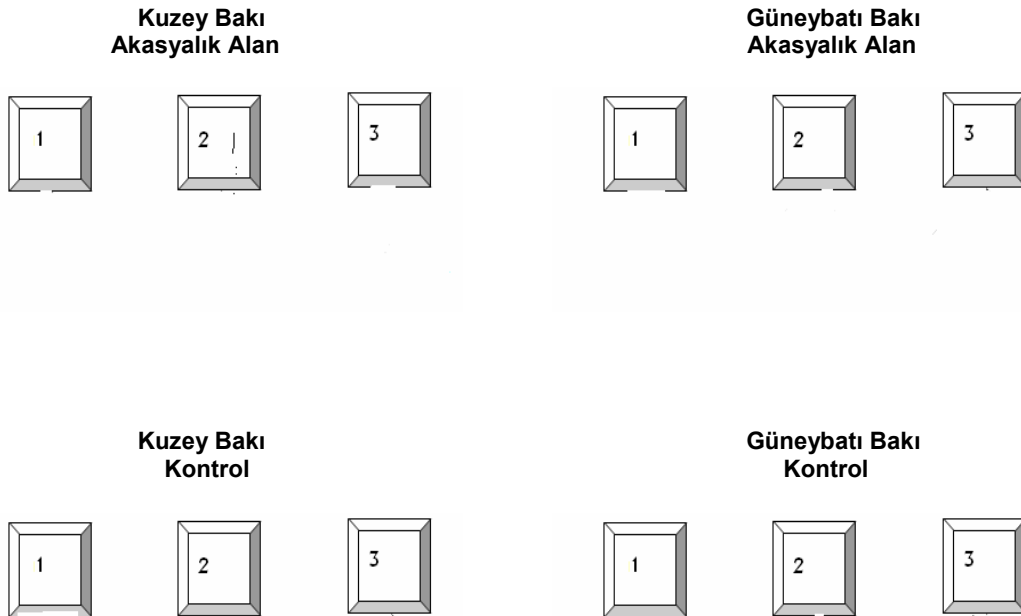
Yalancı akasyanın gençlikte hızlı büyümesi, onu özellikle karbon depolama, yakacak-yapacak odun üretimi ve biyoenerji üretimi bakımından oldukça önemli kılmaktadır. Bu konu, küresel ısınmanın her gün biraz daha kendini hissettirdiği dünyamızda üzerinde önemle durulması gereken hususlardan birini teşkil etmektedir. Fosil yakıtların gelecekte tükeneyeceği göz önünde bulundurulursa, yalancı akasya ile oluşturulabilecek biyoenerji ormanlarının değeri çok daha iyi anlaşılabilecektir. Tarafımızdan Gümüşhane-Torul'da yapılan ön çalışmada, yalancı akasyanın dikimden 8 yıl sonra, hektarda yaklaşık 7 ton karbon kazanımı sağladığı belirlenmiştir (Tüfekçioğlu ve Ark., 2002). Bu değer yaklaşık olarak bir arabanın tüm ömrü boyunca havaya yaydığı karbona (8.3 ton) (Çepel, 2002) eşdeğerdir.

Yukarıda bahsedilen bir çok faydalı özelliği bünyesinde barındıran yalancı akasya; Artvin Orman Bölge Müdürlüğü sahalarında özellikle yol şevi erozyon ve heyelan kontrol ağaçlandırmalarında, orman içi ve açık alanlarda erozyon kontrolü çalışmalarında bolca dikilmiştir. Benzer şekilde Artvin-Murgul yöresinde erozyonu önleme amacıyla 1996 yılında bolca dikilmiştir. Ancak, geçen süre zarfında yalancı akasyanın yapmış olduğu odun üretimi, toprak üstü ve toprak altı büyüme (biyokütle), toprak özelliklerinde oluşturduğu değişim ve iyileşme, erozyonu önleme de oynadığı rol ve depoladığı karbon miktarı bilimsel olarak ortaya konmamış bulunmaktadır. Yalancı akasyanın bu sahalarda sağladığı ekolojik faydaların ortaya konması ve karbon kazanımının belirlenmesi hem küresel ısınmanın önlenmesi bakımından hem de ülkemizdeki yüksek erozyonun azaltılması bakımından önem arz etmektedir.

III. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya konu olan yalancı akasya ağaçlandırmaları, 1996 yılında, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Murgul Orman İşletme Müdürlüğü tarafından ağaçlandırma yapılan dört alanı kapsamaktadır (OGM bünyesinde gerçekleştirilen yeniden yapılanma çalışmaları sonucunda, 2003 yılında Murgul Orman İşletme Müdürlüğü kapatılarak, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü'ne katılmıştır). Deneme alanları yaklaşık 600 metre yükseltide, kuzey ve güney bakılarda ve ortalama eğimi % 30-60 arasında değişen sahalarda alınmıştır.

Çalışma amaçlarını gerçekleştirebilmek için, Artvin-Murgul yalancı akasya ağaçlandırma alanında iki farklı bakıda toplam 12 adet deneme alanının yerleri tespit edilmiş ve bu deneme alanlarında toprak solunumu, yüzeysel akış, infiltrasyon, kök biyokütlesi ve toprak üstü biyokütle ölçümlerine başlanmıştır. Alınan bu 12 adet deneme alanının 6'sı kuzey bakıda, diğer altısı ise güneybatı bakıda alınmıştır. Her bir bakıda 3 adet deneme alanı akasyalık alandan, diğer 3 adet ise akasya olmayan bitişigindeki kontrol alanlarından alınmıştır. Deneme alanlarının şematik görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deneme alanlarının şematik görünümü



Şekil 2. Murgul Bakır Fabrikasından çıkan gaz zararından etkilenmiş fakat henüz ağaçlandırılmamış sahadan görünüm



Şekil 3. Deneme alanlarının alındığı sahalardan görünüm

3.1 Odun üretimi, karbon depolama ve biyokütlenin belirlenmesinde uygulanan yöntemler:

Odun üretimi ve topraküstü biyokütlenin belirlenmesi için her bir deneme alanındaki ağaçların çap ve boy ölçümleri yapılmıştır. Odun üretiminin belirlenmesinde Çatal ve Arkadaşları (2005) tarafından geliştirilen çift girişli yalancı akasya ağaç hacim tablosu kullanılmıştır. Topraküstü biyokütlenin belirlenmesi amacıyla, deneme alanlarından değişik çaplarda toplam 15 adet ağaç kesilmiş, her bir ağacın yaş dal, yaprak ve gövde ağırlıkları arazide belirlenmiş ve fırın kurusu ağırlığının saptanabilmesi amacıyla örnekler alınmıştır (Şekil 4). Alınan örnekler deneylikte 48 saat süre ile 70 °C de kurutularak nem yüzdeleri hesaplanmıştır. Kesilen ağaçlardan elde edilen veriler yardımıyla çap ve boya göre toprak üstü biyokütlenin değişimini gösteren regresyon denklemleri geliştirilmiş ve bu denklemler deneme alanlarındaki toprak üstü gövde, dal ve yaprak kütlesini belirlemek için kullanılmıştır (Tüfekçioğlu ve Ark., 2002). Deneme alanlarında otsu türler akasya alanlarında mevcut değildir. Çayır alanlarında ise çok yoğun otlatma yapıldığından toprak üstü aksamlar örneklenemeyecek kadar küçük kalacak derecede yoğun şekilde inekler tarafından otlanmıştır.

Kalın kök (> 5 mm) biyokütlesinin belirlenmesi amacıyla yalancı akasya meşçerelerinde 0.6 x 1.8 m boyutlarında 12 adet toprak profili (3x2 =6 kuzey bakıda, 3x2=6 güney bakıda) rastgele olarak açılmıştır (Şekil 5). Her bir profilde topraktan çıkarılan kökler 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, >120 cm derinlik kademelerine göre ayrılmıştır. Çukurlar kalın köklerin indiği derinliklere kadar kazılmış, elde edilen kök örnekleri 65 °C de 24 saat süre ile kurutulmuştur. Kurutulan örnekler 0.001 gr hassasiyetteki terazide tartılarak gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra hektardaki kalın kök biyokütlesi belirlenmiştir.

İnce(2-5 mm) ve kılcal (<2 mm) kök biyokütlesinin belirlenmesi amacıyla her bir deneme alanından 8 adet kök örneği rastagele olarak, 6.4 cm çapında ve 30 cm boyunda çelik boru kullanılarak alınmıştır (Şekil 6). Araştırmalara göre 0-30 cm derinlik kademesi mevcut kök kütlesinin % 70-85'lik bir kısmını temsil edebilmektedir (Eissenstat ve Yanai, 1997; Tüfekçioğlu ve Ark. 2002). Örnekler bir gün suda bekletildikten sonra leğenlerde yıkanıp 0.2 mm'lik elek üzerinden süzölmüştür. Böylece topraktan arındırılan kökler 0-2, 2-5 ve 5-20 mm çap sınıflarına göre ayrılarak 65 °C de 24 saat süre ile kurutulmuştur. Kurutulan örnekler 0.001 gr



Şekil 4. Kesilen akasyaların tartılması ve yaprakların dallardan ayrılmasından görüntüler



Şekil 5. Kalın kök kütesinin belirlenmesi amacıyla açılan toprak çukurundan görünüm



Şekil 6. İnce kök kütlesi örneklemesinden görünüm

hassasiyetteki terazide tartılarak gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra hektardaki kök biyokütlesi belirlenmiştir.

Kurutulan kök, yaprak, dal ve gövde örnekleri 0.1 mm'lik elekli bitki değirmeninde öğütülerek, üzerlerinde karbon analizi yapılmıştır. Karbonun belirlenmesinde Walkley-Black'in ıslak yakma yöntemi uygulanmıştır (Gülçur, 1974). Elde olunan karbon konsantrasyonları her bir deneme alanındaki yaprak, dal, gövde ve kök kütleleri ile çarpılarak hektardaki karbon depolama belirlenmiştir.

3.2. Toprak özelliklerinde oluşacak iyileşmenin belirlenmesinde uygulanan yöntemler:

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması

Toprak örnekleri deneme alanlarından ve bitişigindeki yalancı akasya dikilmemiş kontrol alanlarından alınmıştır. Rastlantılı olarak seçilen, 24 adet yalancı akasya alanından ve 12 adet kontrol alanından olmak üzere toplam 36 deneme alanından örnek alınmıştır. Kontrol alanından daha az sayıda örnek alınmasının nedeni kontrol olabilecek nitelikteki alanların nispeten küçük olmalarından kaynaklanmaktadır. Toprak örnekleri her bir deneme alanında 0-15 cm, 15-30 cm,

30-50 ve 50-70 cm toprak derinlik kademelerinden alınmıştır. Alınan topraklar naylon torbalara konularak işaretlenmiş ve analizler için laboratuara taşınmıştır. Toprak örneklerinin toprak horizonlarına göre değil de derinlik kademelerine göre alınmasının nedeni, daha önce alanda dikim amacı ile toprak işleminin yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

3.2.2. Toprak Örneklerinin Analizi

Araştırma alanlarındaki örnek alanlardan alınan toprak örnekleri laboratuarda kağıt üzerine serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri, porselen havanda öğütülmüş, 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra naylon torbalara doldurularak analize hazır hale getirilmiştir. Alınan toprak örnekleri üzerinde tekstür, su tutma kapasitesi, organik madde, pH ve N, P, K, Ca, Mg bitki besin elementleri tayini yapılmıştır. Tekstür tayini 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneklerinde Bouyoucos'un hidrometre yöntemi kullanılarak yapılmış ve kum, toz ve kil yüzdeleri bulunmuştur (Gülçur, 1974). Toprak türü ise Uluslararası tekstür üçgenine göre belirlenmiştir. Organik madde tayini, Walkley-Black'ın ıslak yakma yöntemine göre yapılmıştır. Organik karbondan gidilerek organik madde miktarı hesaplanmıştır (Gülçur, 1974). Azot miktarı Leco otomatik tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır. Kontrol alanı toprakları ile yalancı akasya toprakları arasındaki azot konsantrasyon farklarından gidilerek akasyanın toprağa kazandırdığı ekstra azot miktarı belirlenmeye çalışılmıştır.

Toprakların yararlanılabilir fosfor miktarı Bray ve Kurtz yöntemine göre Milden Roy Spektronic 20 D Spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır (Kalra and Maynard, 1991). Bu yöntemin seçilmesindeki neden saha topraklarının hafif asit karakterde olmasıdır. Toprakların Kalsiyum, Magnezyum ve Potasyum miktarları amonyum asetat yöntemine göre AA-6601 SHIMADZU Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir.

Toprak örneklerinin su tutma kapasitesi nemle doymunlaştırılmış silindirik örneklerinin, örnekler bir süre serbest dreneje maruz bırakıldıktan sonra, yağ ve fırın kurusu ağırlıklarını belirleyerek Gülçur (1974)'a göre belirlenmiştir. Erozyon eğilimi Okatan (1986)'a göre belirlenmiştir. Solma noktası ve tarla kapasitesi su tutma kapasitesi, organik madde ve kil miktarı ile doğrudan ilişkili olduğundan yeniden hesaplama yöntemine gidilmemiştir (Brady and Weil, 1999).

İnfiltirasyon ölçmeleri yalancı akasya meşçerelerinde ve bitişiğindeki kontrol alanlarında Okatan (1986)'a göre yapılmıştır (Şekil 7). Her bir deneme alanında 2 adet silindir örneği uygulanmıştır(toplam 24 adet silindir). Ölçme sırasında 20 cm boyunda ve 10.5 cm çapında silindirler kullanılmış, bu silindirlerin 10 cm'lik kısımları sarsmadan toprağa çakılmış ve 10 cm'lik kısımları toprak yüzeyinde bırakılmıştır. Araziye bidonlar ile taşınan saf su, 500 ml'lik mezurlarla silindirlerin üzerine, belli bir su seviyesini koruyacak şekilde dökülerek, geçen zaman ise el kronometresi ile tespit edilmiştir. İnfiltirasyon kapasitesi Okatan (1986, sayfa 39) tarafından belirtilen formüle göre hesaplanmıştır. Ölçmeler ilkbahar, Yaz ve Sonbahar dönemlerinde olmak üzere yılda üç kez yapılmıştır.

Yüzey erozyonunun belirlenmesinde Lee ve Arkadaşları (2000) tarafından uygulanan 50 x 60 cm boyutlarındaki "V" şeklindeki toplayıcılar yerine, daha isabetli sonuçların elde edilmesi ve indekslerce taranan dergilerde yayın yapılabilmesi amacıyla daha büyük deneme alanları alınmıştır (4,5m X 1,5m) (Şekil 8). Toplayıcıların hemen uç kısmına yerleştirilen plastik toplama kovaları(50 litrelik) her şiddetli yağıştan sonra toplanarak sediment miktarı ve yüzeysel akış miktarı belirlenmiştir. Bu amaçla toplam 12 adet yüzeysel akış parseli oluşturulmuştur(6 adet akasya, 6 adet çayır).



Şekil 7. İnfiltirasyon ölçümünden bir görünüm



Şekil 8. Akasyalık (A) ve çayırılık (B) alanda yüzeysel akış ölçüm parselleri

Toprak solunumu 1 yıl süresince her ay (kar örtüsü olan aylar hariç) soda-kireç yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Tufekçioğlu ve Ark., 2001). Her deneme alanında, her seferinde toprak solunumunun deneme alanlarındaki değişimini doğru yansıtabilmek için 3 adet örnekleme yapılmıştır (3x12=36 adet örnekleme/ay). Bu örneklemlerin deneme alanındaki dağılımı rastgele olarak belirlenmiştir.

Toprak solunumunun ölçülmesinde soda-kireç yöntemi uygulanmıştır. Soda-kireç, NaOH+CaOH karışımından oluşup havadaki serbest CO₂'yi absorbe etme özelliğine sahiptir (Tufekçioğlu ve Ark., 2001). Arazide toprak solunumunun belirlenmesi için 60 g soda-kireç karışımı küçük kavanozlara konarak 105 °C de 24 saat süre ile kurutulmuş ve tartılmıştır. Tartılan bu soda-kireç örnekleri arazide bir gün önceden otlardan ve yeşil kısımlardan arındırılmış alanlara, 28-cm çapında yarım plastik kovaların altına konularak 24 saat süre ile bekletilmiştir. Kovaların kenarları yukarıdan bastırılarak 1 cm kadar toprağa sokulmuş ve dışarıdan hava girişi engellenmiştir. Güneş tarafından aşırı ısınmanın engellenmesi için plastik kovaların üzerine alüminyum folyolar konmuştur. Onun da üstüne 3-5 kg ağırlığında taş konarak yere sabitleme yapılmıştır. 24 saat sonra örnekler toplanarak 105 °C de 24 saat süre ile kurutulmuş ve tartılmıştır. Elde edilen ağırlık kazancı su faktörü de göz önünde tutularak araziden absorbe edilen CO₂ miktarı belirlenmiştir (Tufekçioğlu ve Ark., 2001, Raich ve Tufekçioğlu, 2000). Toprak sıcaklığı termometre ile toprak nemi ise gravimetrik yöntemle belirlenmiştir.

Ekonomik faydanın belirlenmesinde Ağaçlandırma Genel Müdürlüğü'nün birim fiyat genelgelerinden yararlanarak dikim maliyeti hesaplanmış ve bu maliyet mevcut odun varlığının ekonomik değeri ile karşılaştırılmıştır. Bu şekilde, ağaçlandırma için yapılan harcamanın geçen 10 yıllık süre zarfında geri kazanılıp kazanılmadığı kabaca ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır. Kontrol ve akasya alanları arasındaki farklar varyans analizi yardımıyla test edilmiş, biyokütle hesaplarında kullanılacak denklemlerin geliştirilmesinde regresyon analizi yöntemleri uygulanmıştır.

IV. BULGULAR

4.1. Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular

4.1.1. Toprak Solunumuna İlişkin Bulgular

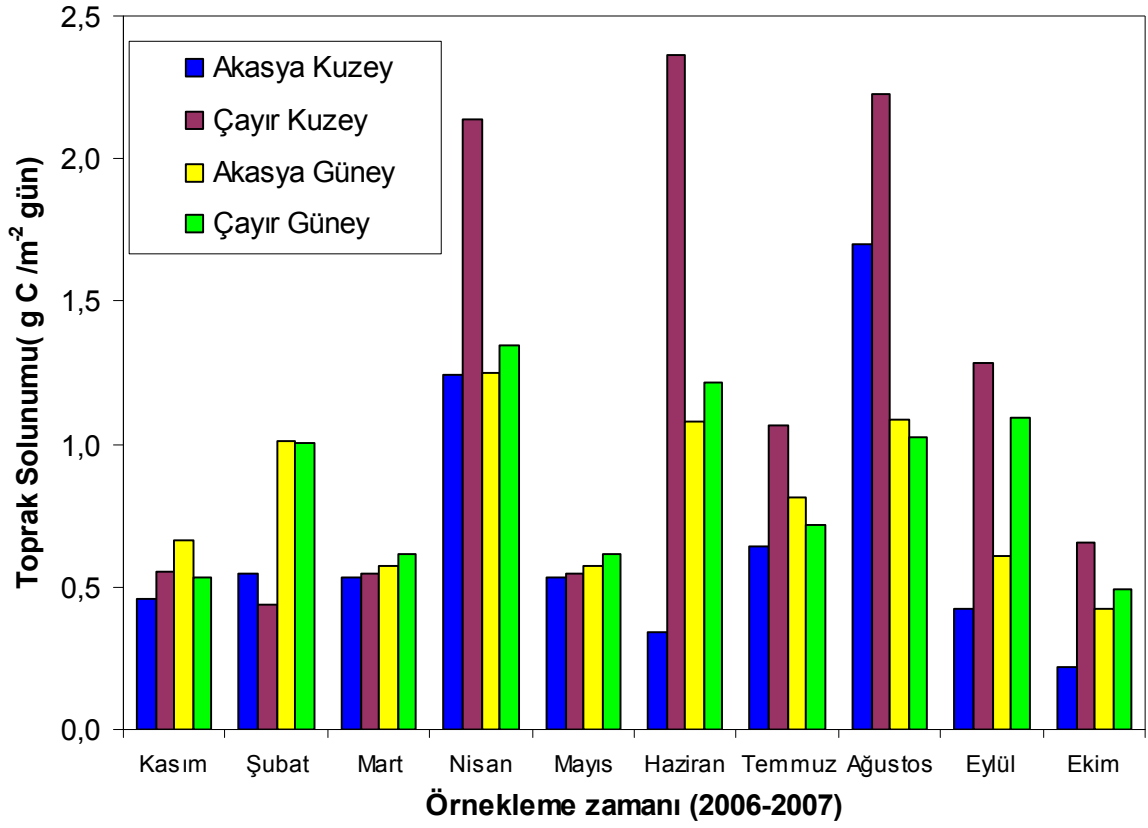
Ortalama solunum değerleri ormanlık alanda kuzey bakıda $0,66 \text{ g C m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$, güney bakıda $0,81 \text{ g C m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$, çayırılık alanında kuzey bakıda $1,18 \text{ g C m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$, güney bakıda $0,87 \text{ g C m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$ olarak bulunmuştur(Çizelge 5.1). Toprak solunumu verileri incelendiğinde çayırılık alanlarda toprak solunumunun, akasyalık alanlara göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir ($P<0.001$) (Şekil 9). Çayırılık alandaki ortalama toprak solunumu $1.01 \text{ g C m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$ iken bu değer akasyalık alanda $0.74 \text{ g C m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Toprak nem değerleri bitki örtüsüne göre anlamlı değişmezken, toprak sıcaklığı değerleri çayırılık alanlarda anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($P<0.001$).

Bakıya göre toprak solunumu değişimi incelendiğinde, kuzey bakıların güney bakılara oranla daha yüksek toprak solunumuna sahip oldukları gözlemlenmiştir. Ancak bu fark istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Gölge bakılardaki ortalama toprak solunumu $0.92 \text{ g C m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$ iken, güneşli bakılarda bu değer $0.84 \text{ g C m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

4.1.2. Toprak Nemi ve Sıcaklığına İlişkin Bulgular

Ortalama toprak nemi kuzey bakı orman alanında %17.01, güney bakı ormanlık alanında %21.54, kuzey bakı çayırılık alanında %23.26, güney bakı çayırılık alanda ise % 13.47 olarak bulunmuştur (Çizelge 2) (Şekil 10). En düşük günlük ortalama nem değeri 2007 yılı Temmuz ayında güney bakıdaki çayırılık alanında, en yüksek günlük toprak nemi değeri ise 2007 yılı Ekim ayında kuzey bakıda ki çayırılık alanında bulunmuştur(Çizelge 2). Kuzey bakılarda ortalama toprak nemi % 20 olarak bulunmuş, güney bakılarda ise % 17.4 olarak ölçülmüştür. Her iki bakı arasındaki toprak nemi farkı istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0.01$).

Güney bakılarda ortalama toprak sıcaklığı $16.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ iken, kuzey bakılarda bu değer $14.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olmuş ve aradaki fark anlamlı bulunmuştur ($P<0.03$). Ortalama toprak sıcaklığı, kuzey bakıdaki orman alanında $13.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, güney bakıdaki ormanlık alanda, $14.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, kuzey bakıdaki çayırılık alanında, $15.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, güney bakıda çayırılık alanda ise $17.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur (Çizelge 3). En yüksek ortalama toprak sıcaklığı değeri $29.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ile kuzey bakıda çayırılık alanda, 2007 yılı Haziran ayında, en düşük sıcaklık



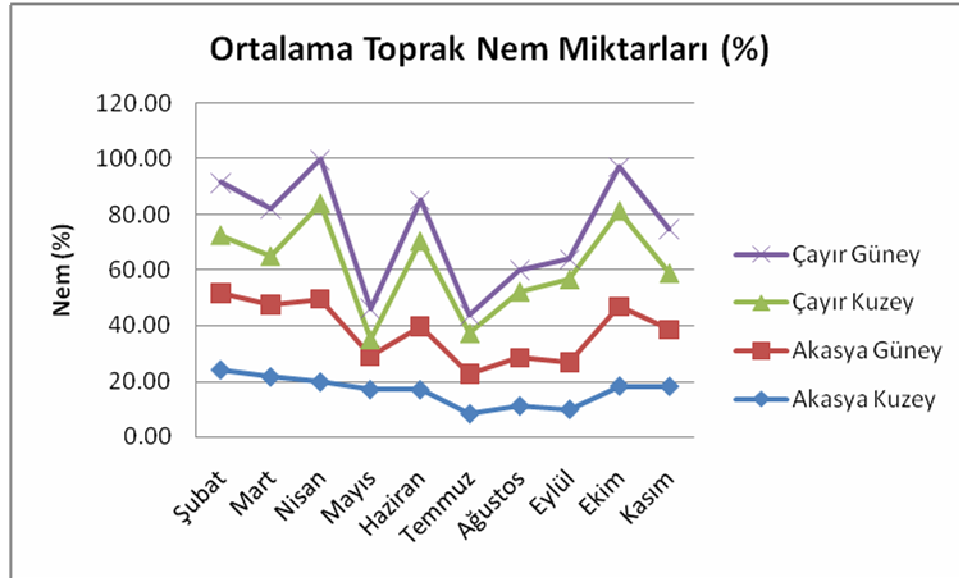
Şekil 9. Deneme alanlarında ölçülen toprak solunumu değerlerinin farklı bakılardaki değişimi(2006-2007)

Çizelge 1: Deneme alanlarına ait ortalama toprak solunumu miktarları (g C m⁻². gün⁻¹)

Bitki Örtüsü	Solunum (g C m ⁻² . gün ⁻¹)										Genel Ort.
	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	
Akasya Kuzey	0.55	0.53	1.24	0.53	0.29	0.64	1.70	0.43	0.22	0.46	0.66
Akasya Güney	1.01	0.58	1.25	0.58	1.08	0.82	1.09	0.61	0.42	0.66	0.81
Çayır Kuzey	0.44	0.55	2.14	0.55	2.37	1.07	2.23	1.28	0.66	0.55	1.18
Çayır Güney	1.00	0.61	1.34	0.61	1.22	0.72	1.02	1.10	0.49	0.54	0.87

Çizelge 2: Deneme alanlarına ait ortalama nem miktarları (%)

Bitki Örtüsü	Nem İçeriği										Genel Ort.
	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	
Akasya Kuzey	23.90	21.42	19.60	16.92	16.86	8.30	11.08	9.89	18.17	18.04	16.42
Akasya Güney	27.63	26.05	29.73	11.96	22.77	14.22	17.26	16.88	28.54	20.40	21.54
Çayır Kuzey	20.86	17.46	34.47	6.10	30.68	14.66	23.81	29.80	34.45	20.32	23.26
Çayır Güney	19.12	17.18	16.02	11.34	14.90	6.77	8.00	7.48	16.02	16.04	13.29



Şekil 10. Dönemlere göre ortalama toprak nem değerlerinin değişimi

değeri ise 4.3 °C ile kuzey bakıdaki ormanlık alanda 2007 yılı Kasım ayında ölçülmüştür (Şekil 11).

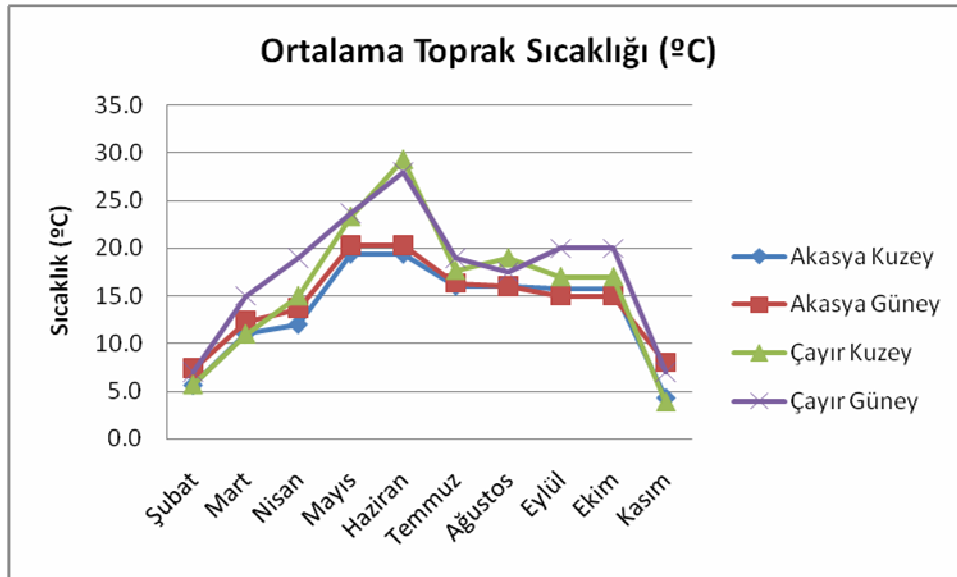
4.1.3. Toprak Tekstürüne İlişkin Bulgular

4.1.3.1. Kum Miktarına Ait Bulgular

Deneme alanlarına ait kum verileri incelendiğinde, üst toprakta en yüksek kum içeriği çayırılık alanda, en düşük kum içeriği ise ormanlık alanda bulunmuştur. Ortalama kum değeri, kuzey bakıdaki ormanlık alanda % 57.70, güney bakıdaki ormanlık alanda % 59.25, kuzey bakıdaki çayırılık alanda %63.98, güney bakıdaki

Çizelge 3. Deneme alanlarına ait ortalama toprak sıcaklık değerleri (°C)

Bitki Örtüsü	Ortalama Toprak Sıcaklığı (°C)										Genel Ort.
	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	
Akasya Kuzey	5.7	11.0	12.0	19.3	19.3	16.0	16.0	15.7	15.7	4.3	13.5
Akasya Güney	7.3	12.3	13.7	20.3	20.3	16.3	16.0	15.0	15.0	8.0	14.4
Çayır Kuzey	5.7	11.0	15.0	23.3	29.3	17.7	19.0	17.0	17.0	3.8	15.8
Çayır Güney	7.0	15.0	19.0	23.7	28.0	19.0	17.5	20.0	20.0	7.0	17.6



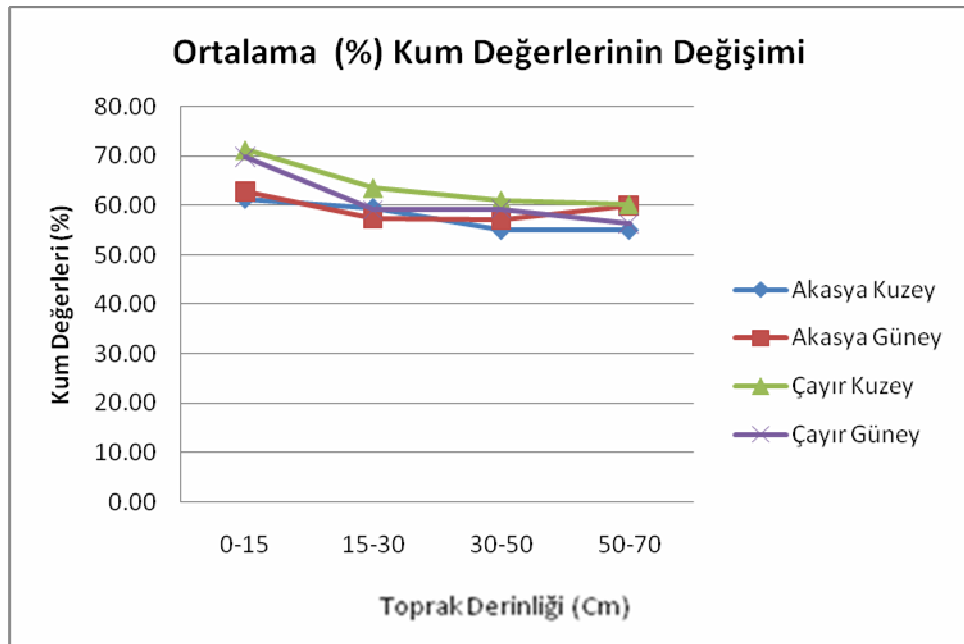
Şekil 11. Dönemlere göre ortalama toprak sıcaklığının değişimi

çayırılık alanında ise % 61.12 olarak bulunmuştur. Kum değeri üst toprakta (0-15 cm), kuzey bakı ormanlık alanında % 61.26, güney bakı ormanlık alanında % 62.7, kuzey bakıda çayırılık alanında % 71.23 ve güney bakı çayırılık alanında ise % 69.75 olarak bulunmuştur. Alt toprakta ise, çayırılık alanındaki kum miktarı ormanlık alana oranla daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4). Kum miktarı değerlerinin derinliklere göre değişimleri Şekil 12’de verilmiştir.

Araştırma alanındaki kum verileri derinlik, bakı ve bitki örtüsü tipi bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde; kum miktarının çayırılık alanlarda, akasya alanlarına kıyasla anlamlı düzeyde yüksek olduğu ($P<0.01$), derinlikle ise anlamlı düzeyde azaldığı ($P<0.001$), bakıya göre ise anlamlı değişim göstermediği saptanmıştır.

Çizelge 4. Derinliğe göre deneme alanlarındaki ortalama kum değerleri (%)

Bitki Örtüsü	% Kum				Genel Ort.
	0-15	15-30	30-50	50-70	
Akasya Kuzey	61.26	59.51	54.99	55.03	57.70
Akasya Güney	62.71	57.25	57.07	59.95	59.25
Çayır Kuzey	71.23	63.53	61.02	60.15	63.98
Çayır Güney	69.75	59.07	59.31	56.34	61.12



Şekil 12. Derinliğe göre ortalama kum değerlerin değişimi (%)

4.1.3.2. Kil Miktarına Ait Bulgular

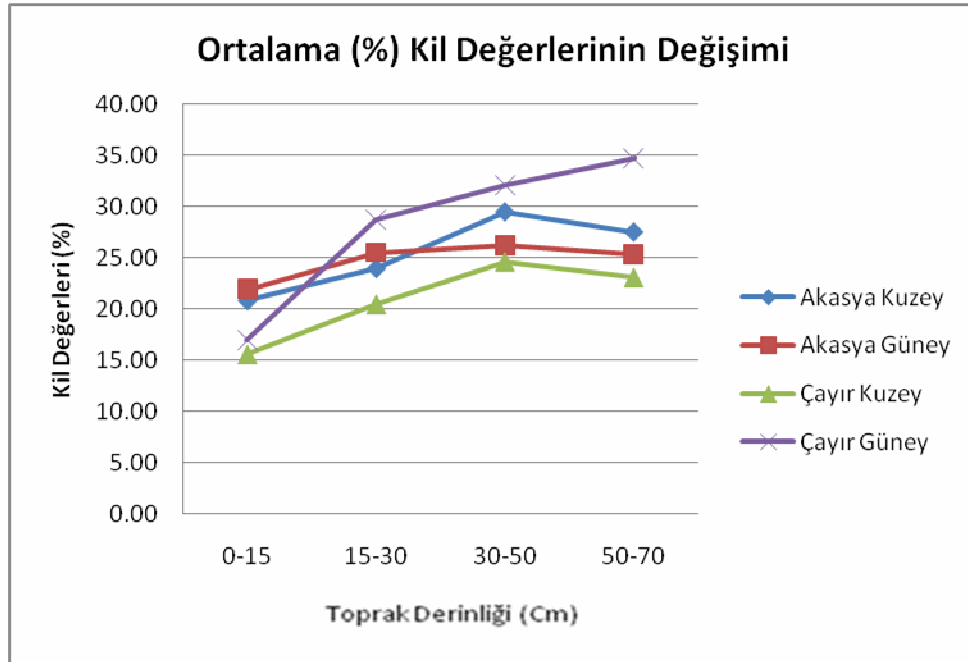
Deneme alanlarına ait ortalama kil verileri incelendiğinde, üst toprakta en yüksek güney bakıda çayırılık alanında, en düşük ise kuzey bakıdaki çayırılık alanında kil miktarı bulunmuştur. Kil değeri Kuzey bakıda ormanlık alanında %25.42, güney bakıda ki ormanlık alanında %24.72, kuzey bakıda ki çayırılık alanında %20.94, güney bakıda ki çayırılık alanında %28.11 olarak bulunmuştur. Çizelge 5’de kil değeri

üst toprakta (0-15 cm), kuzey bakıdaki ormanlık alanda % 20.78, güney bakıdaki ormanlık alanda % 21.87, kuzey bakıdaki çayırılık alanda %15.60 ve güney bakıda ki çayırılık alanda ise % 16.93 olarak bulunmuştur. (Şekil 13). Çayırılık alanlarda üst topraktaki kil miktarı, ormanlık alanlara kıyasla düşük gözükmemektedir.

Araştırma alanındaki kil verileri derinlik, bakı ve bitki örtüsü tipi bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde; kil miktarının derinlikle anlamlı düzeyde arttığı ($P<0.001$), bakıya ve bitki örtüsüne göre ise anlamlı değişim göstermediği saptanmıştır.

Çizelge 5. Derinliğe göre deneme alanlarındaki ortalama kil değerleri (%)

Bitki Örtüsü	% Kil				Genel Ort.
	0-15	15-30	30-50	50-70	
Akasya Kuzey	20.78	23.92	29.44	27.48	25.41
Akasya Güney	21.87	25.51	26.20	25.31	24.72
Çayır Kuzey	15.60	20.48	24.61	23.09	20.94
Çayır Güney	16.93	28.73	32.07	34.74	28.11



Şekil 13. Derinliğe göre ortalama kil değerlerinin değişimi (%)

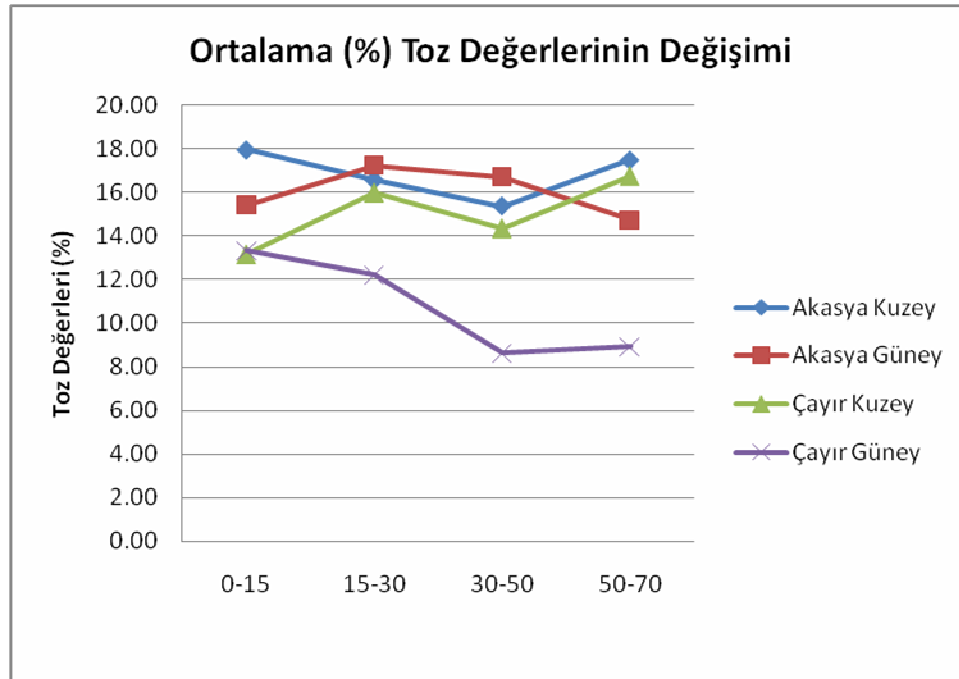
4.1.3.3. Toz Miktarına Ait Bulgular

Deneme alanlarına ait ortalama toz verileri incelendiğinde, en yüksek kuzey bakıdaki ormanlık alanda, en düşük ise güney bakıdaki çayırılık alanda toz miktarı bulunmuştur (Çizelge 6). Ortalama toz değeri üst toprakta (0-15 cm), kuzey bakı ormanlık alanında % 17.76, güney bakı ormanlık alanında %15.42, kuzey bakı çayırılık alanda % 13.17 ve güney bakı çayırılık alanında ise %13.32 olarak bulunmuştur. Hem üst, hemde alt toprakta güney bakıda çayırılık alanında toz oranı, diğer alanlara kıyasla düşük bulunmuştur (Şekil 14).

Araştırma alanındaki toz verileri derinlik, bakı ve bitki örtüsü tipi bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde; toz miktarının bakıya göre anlamlı değişim gösterdiği ($P<0.02$), derinlik ve bitki örtüsüne göre ise anlamlı değişim göstermediği saptanmıştır.

Çizelge 6. Derinliğe göre deneme alanlarındaki ortalama toz değerleri (%)

Bitki Örtüsü	% Toz				Genel Ort.
	0-15	15-30	30-50	50-70	
Akasya Kuzey	17.96	16.57	15.36	17.49	16.84
Akasya Güney	15.42	17.24	16.73	14.73	16.03
Çayır Kuzey	13.17	15.99	14.37	16.76	15.07
Çayır Güney	13.32	12.20	8.63	8.92	10.77



Şekil 14. Derinliğe göre ortalama toz değerlerinin değişimi (%)

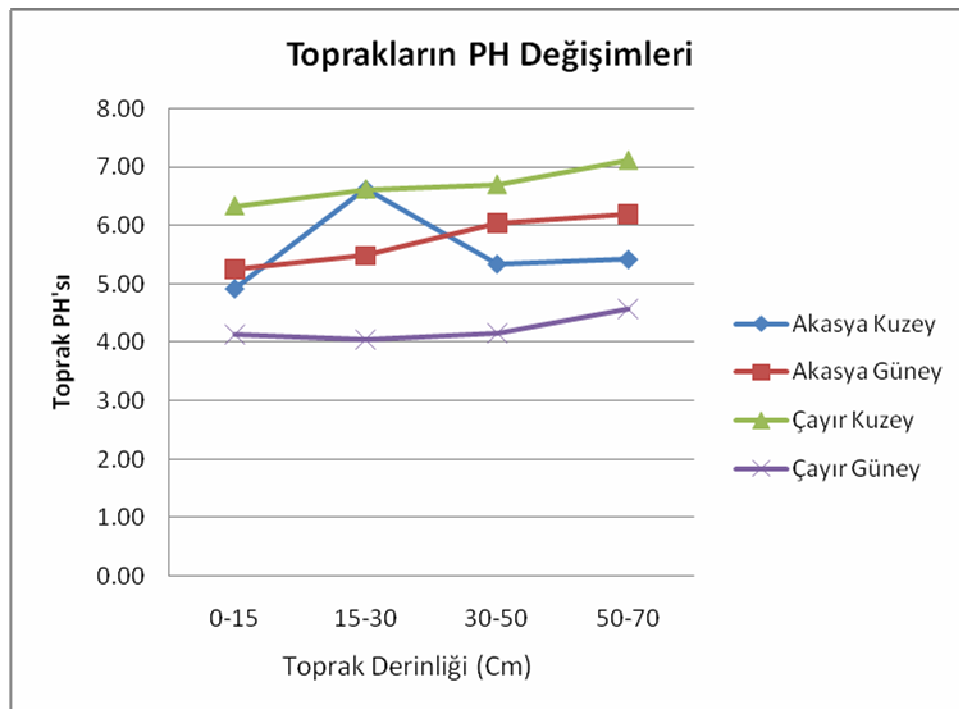
4.1.4. Toprak pH'sına İlişkin Bulgular

Ortalama pH değeri üst toprakta kuzey bakıda ormanlık alanda 4.92, güney bakıda ormanlık alanda 5.26, kuzey bakıda çayırılık alanda 6.33, güney bakıda çayırılık alanda 4.14 olarak bulunmuştur. Alt toprakta ise en düşük güney bakıdaki çayırılık alanda, en yüksek ise kuzey bakıdaki çayırılık alanda bulunmuştur (Çizelge 7) (Şekil 15). pH değerleri bakımından üst toprakta (0-15 cm) çayırılık alanda güney ve kuzey bakı arasında 2.19, alt toprakta (50-70 cm) 2.54'lük bir fark bulunmuştur.

Araştırma alanındaki pH verileri istatistik olarak incelendiğinde derinlik ile pH kabaca anlamlı olarak artmış ($P<0.09$), bakıya göre anlamlı değişim göstermiş ($P<0.04$), bitki örtüsüne göre ise anlamlı değişim göstermemiştir.

Çizelge 7. Deneme alanlarına ait topraklardaki ortalama pH değerlerinin zamana göre değişimleri

Bitki Örtüsü	pH				Genel Ort.
	0-15	15-30	30-50	50-70	
Akasya Kuzey	4.92	6.62	5.35	5.43	5.58
Akasya Güney	5.26	5.49	6.05	6.20	5.75
Çayır Kuzey	6.33	6.62	6.70	7.12	6.69
Çayır Güney	4.14	4.05	4.16	4.58	4.23



Şekil 15. Derinliğe göre deneme alanlarına ait toprakların pH değişimleri

4.1.5. Toprak Organik Maddesine İlişkin Bulgular

Organik madde bakımından en düşük değer kuzey bakıdaki çayır alanında, en yüksek ise güney bakıdaki çayır alanında görülmüştür. Çayırılık alanlarda üst topraklardaki (0-15cm) organik madde değeri ormanlık alana oranla fazla, alt toprakta ise ormanlık alanlarındaki organik madde değeri çayırılık alanlarına oranla daha fazla bulunmuştur (Çizelge 8). Organik madde miktarı üst toprakta, kuzey bakı orman alanında % 1.72, güney bakı orman alanında % 1.65, kuzey bakı çayırılık alanında % 1.24, güney bakı çayırılık alanında ise %1.80 olarak bulunmuştur (Şekil 16). Çayırılık alanlardaki organik madde miktarı bakımından, derinlik kademesine göre aşağı inildikçe organik madde miktarı ormanlık alana göre daha fazla oranda düşüş görülmektedir.

Araştırma alanındaki organik madde verileri istatistik olarak incelendiğinde, derinlik ile organik madde miktarı anlamlı olarak azalmış ($P<0.001$), bakıya ve bitki örtüsüne göre ise anlamlı değişim göstermemiştir.

4.1.6. Toprak Besin Elementlerine İlişkin Bulgular

Deneme alanlarındaki toprakların bitki besin maddelerine ait bulgular Çizelge 9'da, bunların grafikleri ise Şekil 16, 17, 18, 19 ve 20 de verilmiştir. Deneme alanlarındaki toprakların azot konsantrasyonları bitki örtüsü, bakı ve derinliğe göre irdelendiğinde istatistiki olarak anlamlı değişim göstermediği belirlenmiştir.

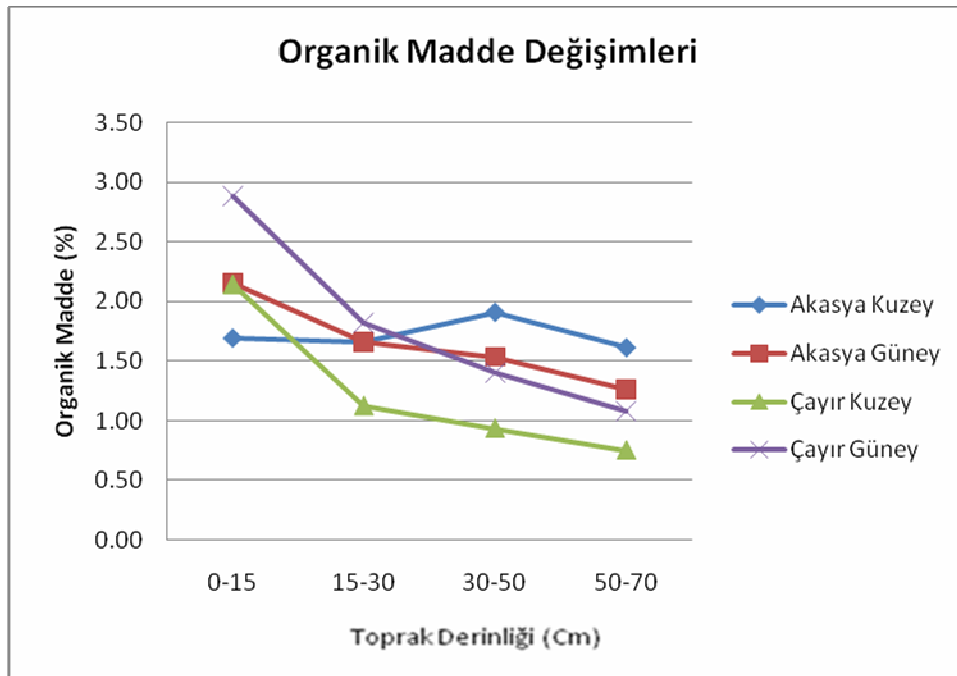
Deneme alanlarındaki toprakların fosfor konsantrasyonları bitki örtüsü, bakı ve derinliğe göre irdelendiğinde, çayırılık alanlarda fosfor konsantrasyonlarının akasya alanlarına kıyasla anlamlı olarak yüksek olduğu ($P<0.03$), kuzey bakılarda anlamlı olarak daha yüksek olduğu ($P<0.07$) ve derinlikle anlamlı olarak azaldığı ($P<0.04$) belirlenmiştir. Deneme alanlarındaki toprakların kalsiyum, magnezyum ve potasyum konsantrasyonları irdelendiğinde akasya alanlarında, çayır alanlarına kıyasla anlamlı olarak yüksek olduğu ($P<0.001$), bakı ve derinliğe göre irdelendiğinde istatistiki olarak anlamlı değişim göstermediği belirlenmiştir.

4.1.7. Su Tutma Kapasitesine İlişkin Bulgular

Toprakların ortalama su tutma kapasitesi akasya alanında % 45.5 iken, çayırılık alanda 43.2 olarak belirlenmiştir. Kuzey bakıların ortalama su tutma kapasitesi % 42.7, güney bakıların ise % 46 olarak belirlenmiştir. Su tutma kapasitesi derinlik ve bitki örtüsüne göre anlamlı değişmezken, bakıya göre anlamlı değişmiştir.

Çizelge 8. Deneme alanlarına ait topraklardaki organik madde miktarları değişimi

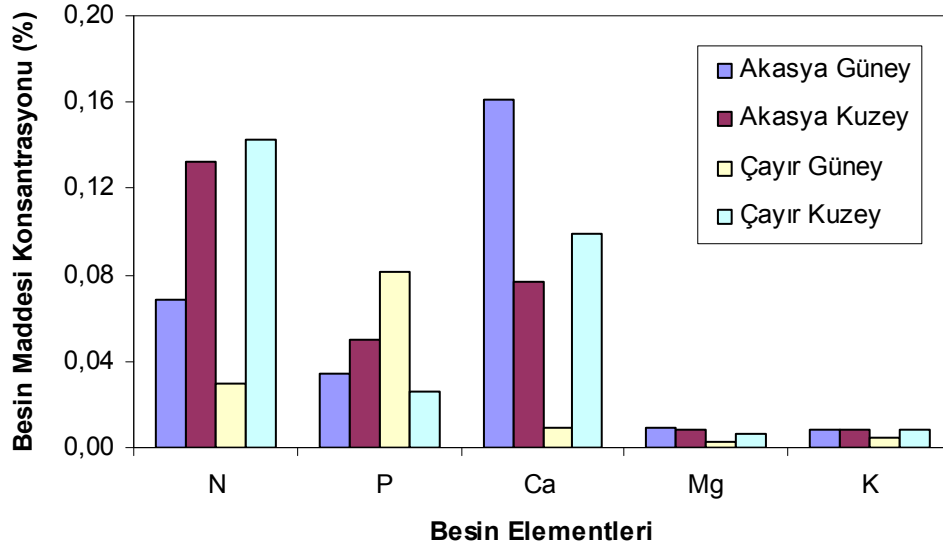
Bitki Örtüsü	Organik Madde				Genel Ort.
	0-15	15-30	30-50	50-70	
Akasya Kuzey	1.69	1.66	1.91	1.61	1.72
Akasya Güney	2.15	1.66	1.53	1.26	1.65
Çayır Kuzey	2.14	1.12	0.94	0.75	1.24
Çayır Güney	2.89	1.82	1.41	1.08	1.80



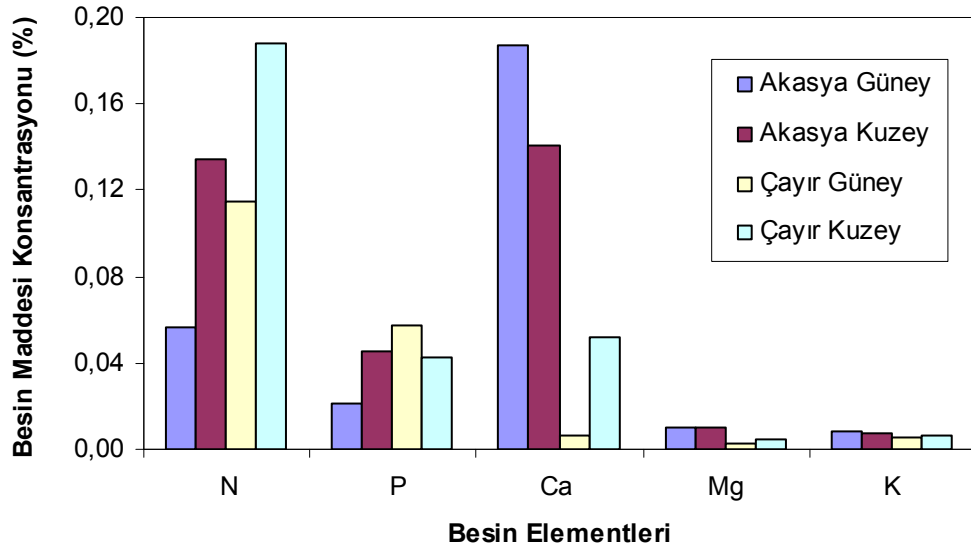
Şekil 16. Dönemlere göre deneme alanlarına ait toprakların organik madde değişimleri

Çizelge 9. Topraktaki ortalama bitki besin maddesi konsantrasyonlarının bitki örtüsü, bakı ve derinliğe göre değişimi

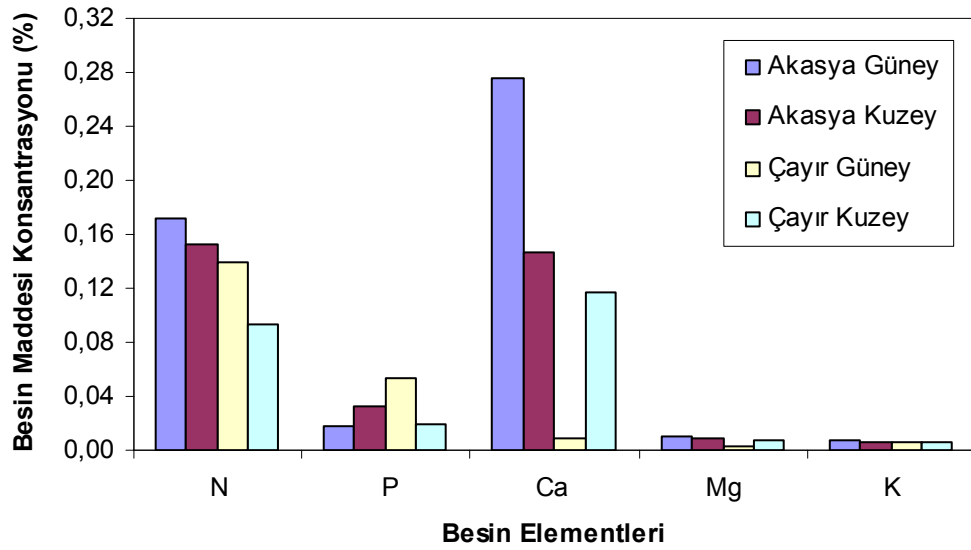
Bitki Örtüsü	Derinlik	N	P	Ca	Mg	K
	cm	%	%	%	%	%
Akasya Güney	0-15	0,069	0,035	0,161	0,009	0,009
Akasya Kuzey	0-15	0,133	0,050	0,077	0,008	0,008
Çayır Güney	0-15	0,030	0,081	0,010	0,003	0,004
Çayır Kuzey	0-15	0,142	0,026	0,099	0,007	0,009
Akasya Güney	15-30	0,057	0,021	0,187	0,010	0,008
Akasya Kuzey	15-30	0,134	0,045	0,141	0,010	0,007
Çayır Güney	15-30	0,115	0,057	0,007	0,002	0,006
Çayır Kuzey	15-30	0,188	0,042	0,052	0,005	0,006
Akasya Güney	30-50	0,172	0,017	0,275	0,010	0,007
Akasya Kuzey	30-50	0,153	0,033	0,147	0,010	0,006
Çayır Güney	30-50	0,140	0,053	0,009	0,003	0,007
Çayır Kuzey	30-50	0,094	0,020	0,118	0,007	0,006
Akasya Güney	50-70	0,062	0,025	0,282	0,010	0,006
Akasya Kuzey	50-70	0,119	0,025	0,075	0,008	0,007
Çayır Güney	50-70	0,035	0,061	0,018	0,004	0,006
Çayır Kuzey	50-70	0,000	0,014	0,099	0,007	0,006



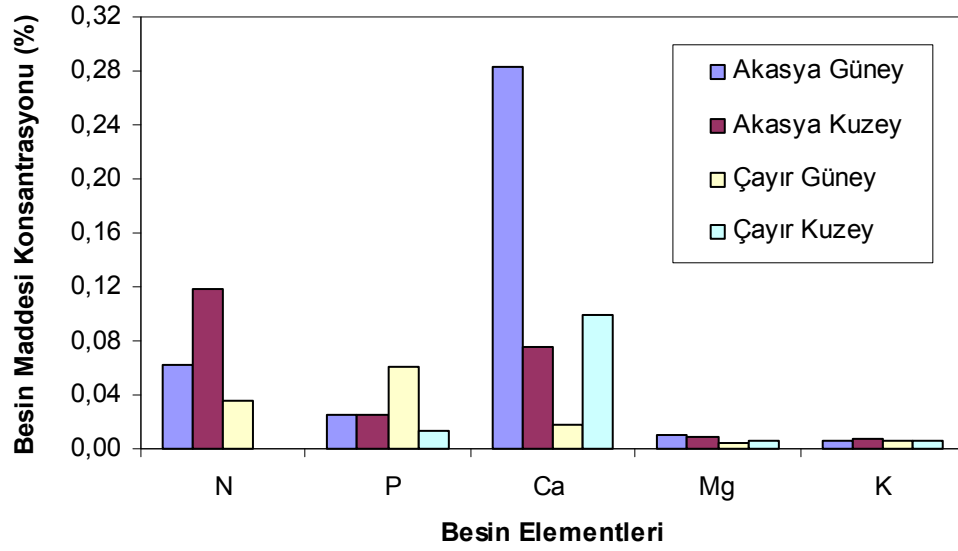
Şekil 17. 0-15cm toprak derinlik kademesindeki besin maddelerinin değişimi



Şekil 18.15-30 cm toprak derinlik kademesindeki besin maddelerinin değişimi



Şekil 19. 30-50 cm toprak derinlik kademesindeki besin maddelerinin değişimi



Şekil 20. 50-70 cm toprak derinlik kademesindeki besin maddelerinin değişimi

4.2. İnfiltrasyona İlişkin Bulgular

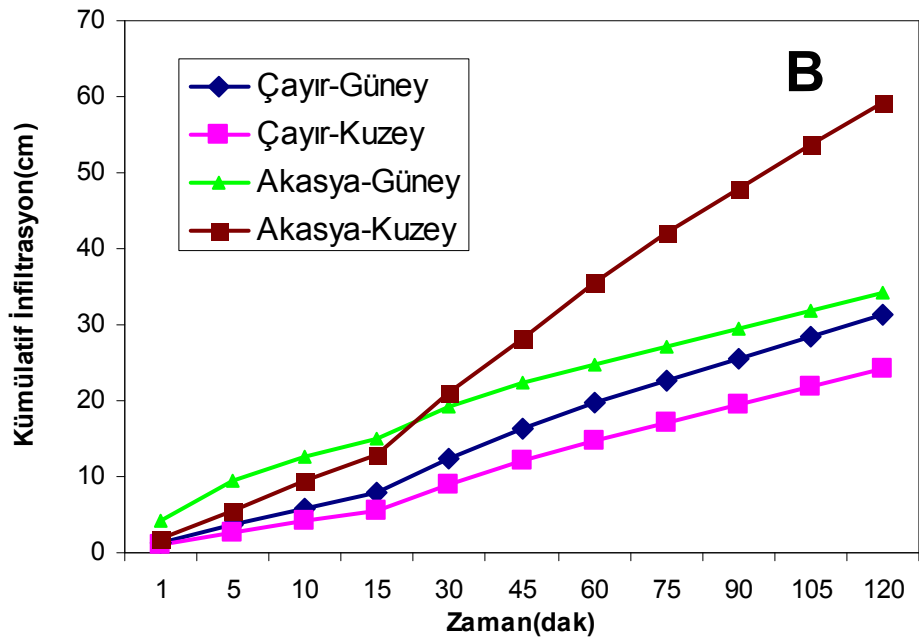
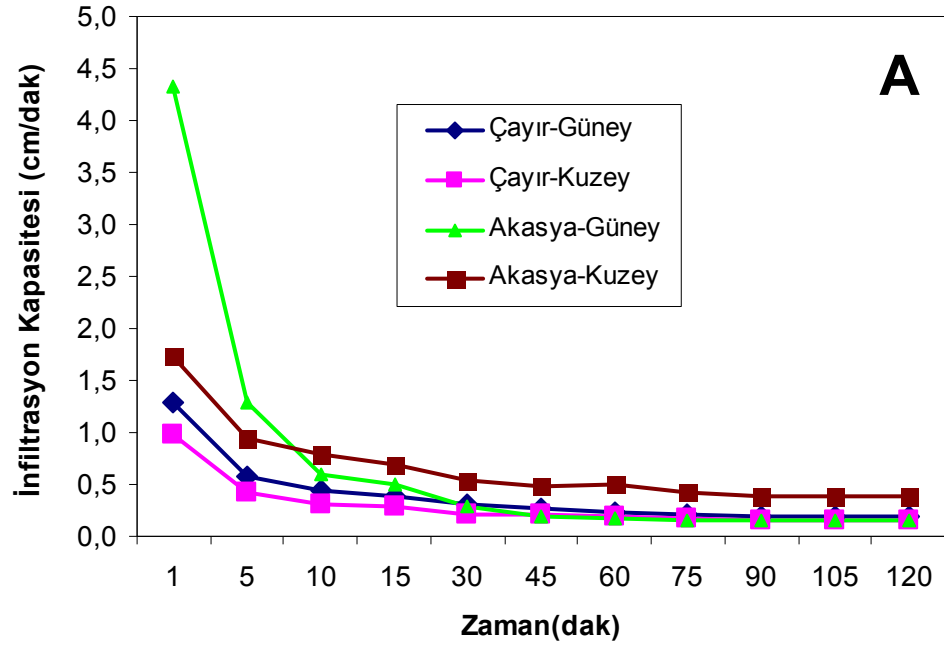
Deneme alanlarında infiltire olan suyun toplam miktarını ve infiltrasyon kapasitesini gösteren veriler Şekil 21, 22 ve 23’de sunulmuştur. Bu verilere bakıldığında akasyalık alanlarda hem infiltrasyon kapasitesinin hemde toplam infiltrasyonun çayırılık alanlara göre çok daha iyi olduğu gözlenmektedir.

İlkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde yapılan ölçmelerde en yüksek infiltrasyon kapasitesi ve toplam infiltrasyon, toprağın daha nemli olduğu dönemler olan ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde gözlemlenmiştir.

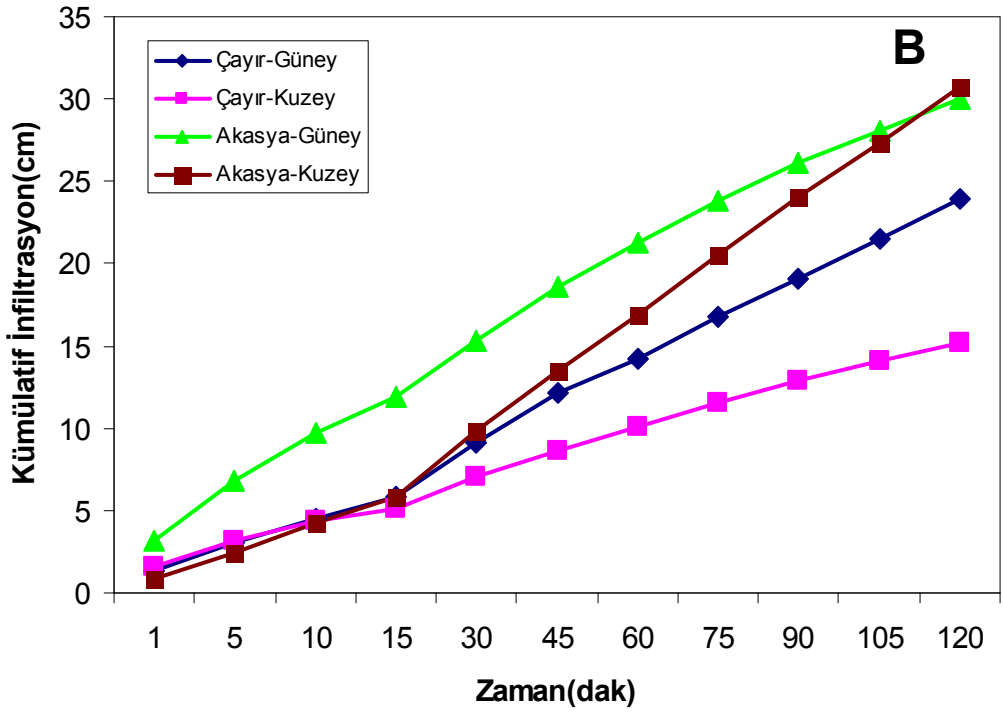
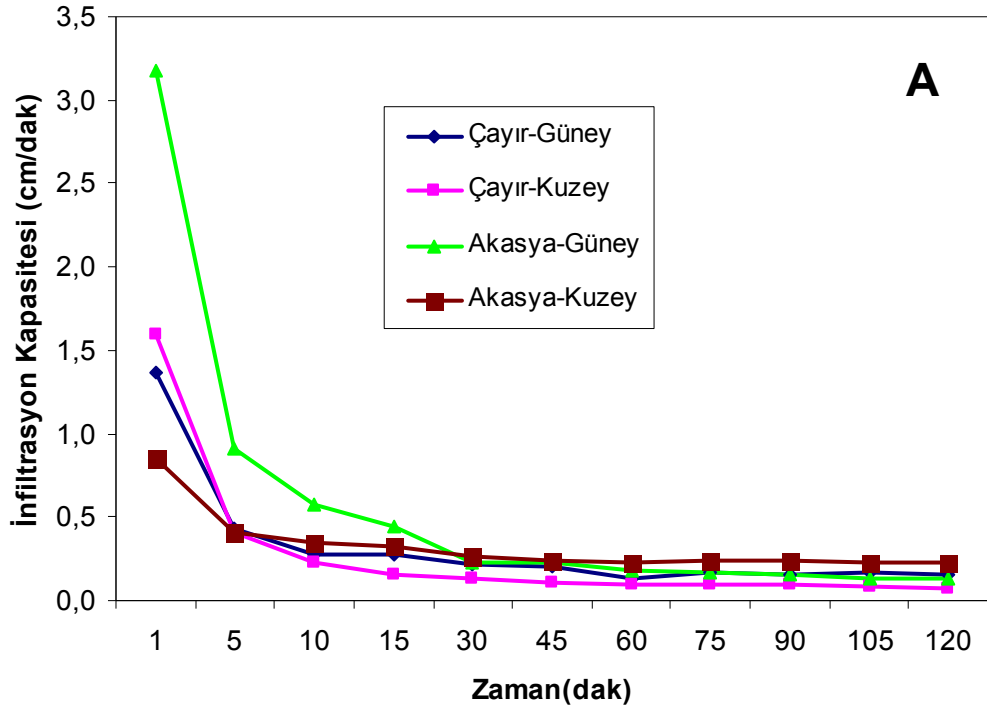
İnfiltrasyon kapasitesi ilk 1 dakikada maximum düzeyde olmuş, beşinci dakikaya kadar hızla azalmış, ilk yarım saatten sonra ise çok fazla değişmemiştir. Deneme alanlarının iki saat sürede absorbe ettiği ortalama yağış miktarlarına baktığımızda en fazla su alımı 453 mm ile akasya-kuzey alanında, en az ise 251 mm ile çayır-kuzey sahasında olmuştur (Çizelge 10).

Çizelge 10. Deneme alanlarındaki ortalama kümülatif infiltrasyon miktarının mevsimlere göre değişimi

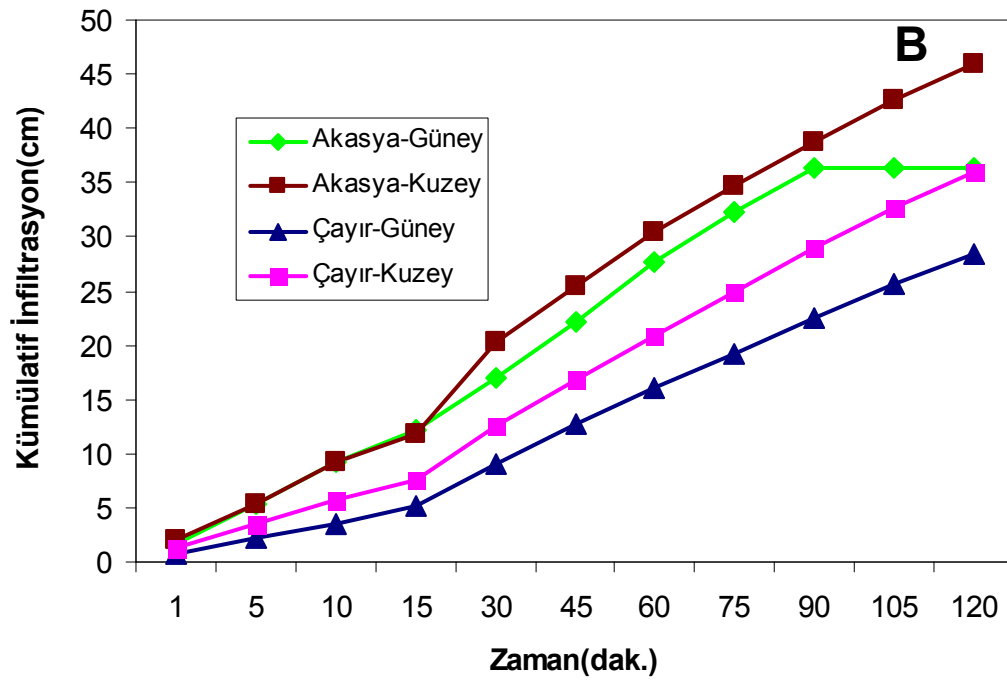
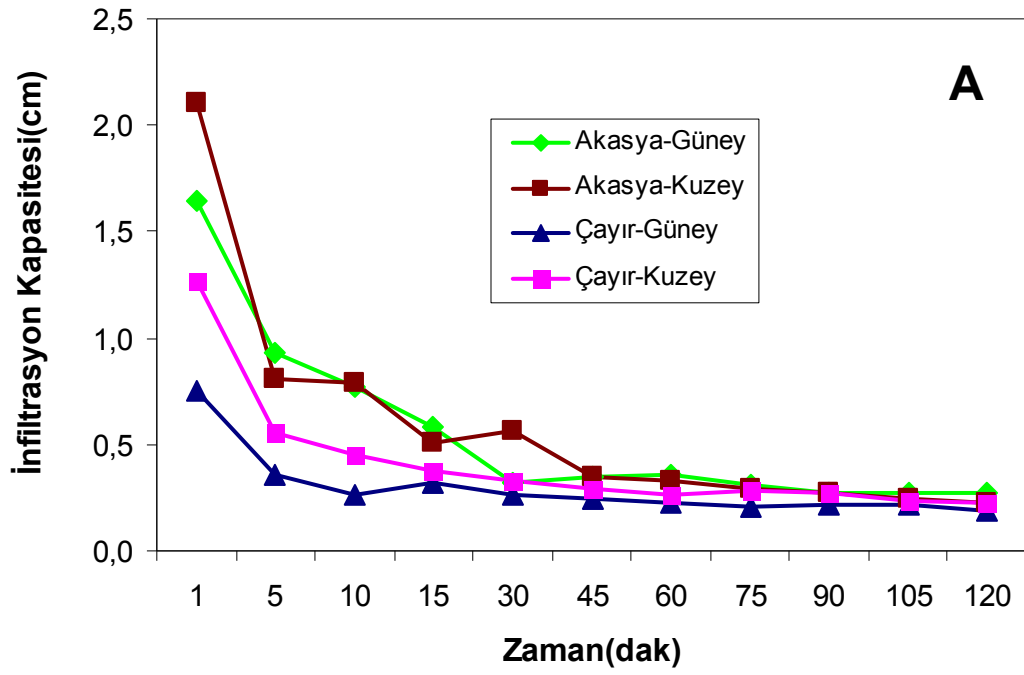
Bitki Örtüsü	Kümülatif İnfiltrasyon (cm)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama
Akasya-Güney	34,2	30,0	36,3	33,5
Akasya-Kuzey	59,3	30,8	45,9	45,3
Çayır-Güney	31,3	23,9	28,4	27,9
Çayır-Kuzey	24,1	15,2	36,0	25,1
Ortalama	37,2	25,0	36,7	32,9



Şekil 21. Deneme alanlarında ilkbahar döneminde infiltrasyon kapasitesi (A) ve kümülatif infiltrasyon miktarının (B) zamana göre değişimi



Şekil 22. Deneme alanlarında yaz döneminde infiltrasyon kapasitesi (A) ve kümülatif infiltrasyon miktarının (B) zamana göre değişimi

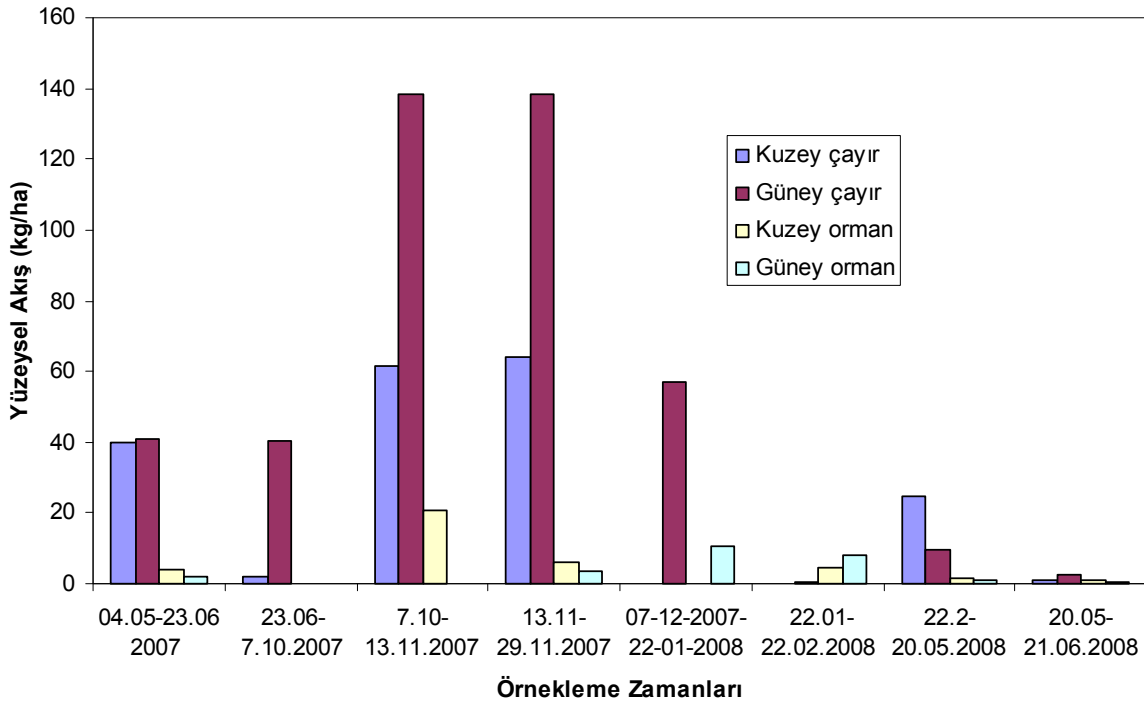


Şekil 23. Deneme alanlarında sonbahar döneminde infiltrasyon kapasitesi (A) ve kümülatif infiltrasyon miktarının (B) zamana göre değişimi

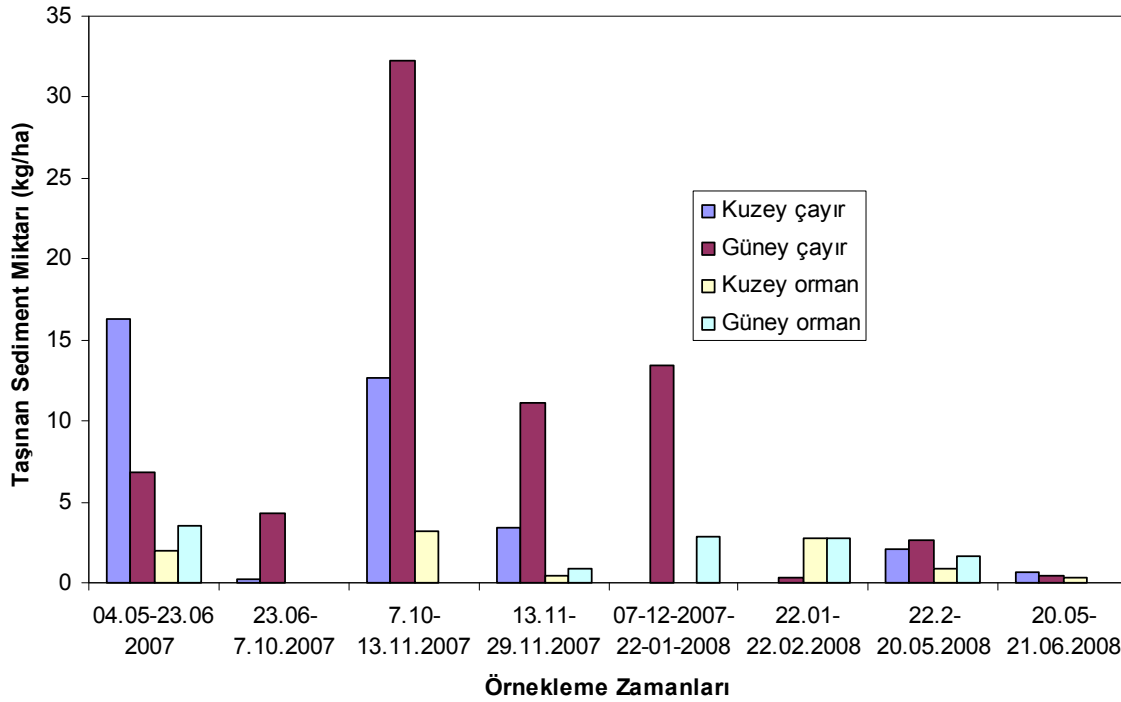
4.3. Yüzeysel Akış ve Taşınan Sediment Miktarlarına İlişkin Bulgular

Akasyalık ve çayırılık alanlardaki toplam yüzeysel akış ve taşınan sediment miktarlarının Mayıs 2007-Haziran 2008 dönemlerindeki değişimleri Şekil 24 ve 25'de görülmektedir. En fazla yüzeysel akış ve sediment taşınımı Ekim-Kasım dönemlerinde olmuştur. Örnekleme dönemindeki toplam yüzeysel akış miktarı kuzey çayır, güney çayır, kuzey akasya ve güney akasya alanlarında sırasıyla 192.8, 428, 37.7 ve 25.7 kg/ha olmuştur. Ortalama toplam yüzeysel akış çayırılık alanda 310.4, akasya alanında ise 31.7 kg/ha olmuştur.

Örnekleme dönemindeki toplam toplam taşınan sediment miktarı kuzey çayır, güney çayır, kuzey akasya ve güney akasya alanlarında sırasıyla 35.5, 71.2, 9.6 ve 11.7 kg/ha olmuştur. Ortalama toplam taşınan sediment miktarı çayırılık alanda 53.4, akasya alanında ise 10.7 kg/ha olmuştur.



Şekil 24. Deneme alanlarındaki ortalama yüzeysel akış miktarları (kg/ha)



Şekil 25. Deneme alanlarında ortalama taşınan sediment miktarları (kg/ha)

4.4. Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

4.4.1. Topraküstü Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Araştırma alanının değişik kısımlarından kesilen farklı çaplardaki 15 adet akasya ağacının çap, gövde, dal ve yaprak ağırlıkları ile bunların karbon eşdeğerleri Çizelge 11’de sunulmuştur. Bu değerler kullanılarak elde edilen regresyon denklemi Şekil 26’da görülmektedir. Bu denklem kullanılarak aksya alanında alınan deneme alanlarında elde edilen ortalama toprak üstü biyokütle ve karbon miktarları Çizelge 12’de verilmiştir. Buna göre akasya alanında ortalama toplam toprak üstü biyokütle 93738 kg/ha’dır. Yine Çizelge 11’deki çap ve toplam karbon değerleri kullanılarak regresyon denklemi geliştirilmiş ve bu denklem kullanılarak deneme alanlarındaki ortalama toprak üstü karbon miktarı 43780 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Çizelge 11’deki kuru ağırlıkların dal, yaprak ve gövde ağırlığına göre değişimi incelendiğinde ortalama toplam ağırlığın % 74.5’nin gövde ağırlığı olduğu, % 18.3’nün dal ağırlığı olduğu ve % 5.6’sının yaprak ağırlığı olduğu görülmektedir. Buna göre alanda elde edilen gövde odunu ağırlığı 70.5 ton/ha düzeyinde olmaktadır.

4.4.2. Toprakaltı Biyokütle ve Karbon Stoklarına İlişkin Bulgular

4.4.2.1. Kalın Kök Kütlesi ve Karbon Eşdeğeri

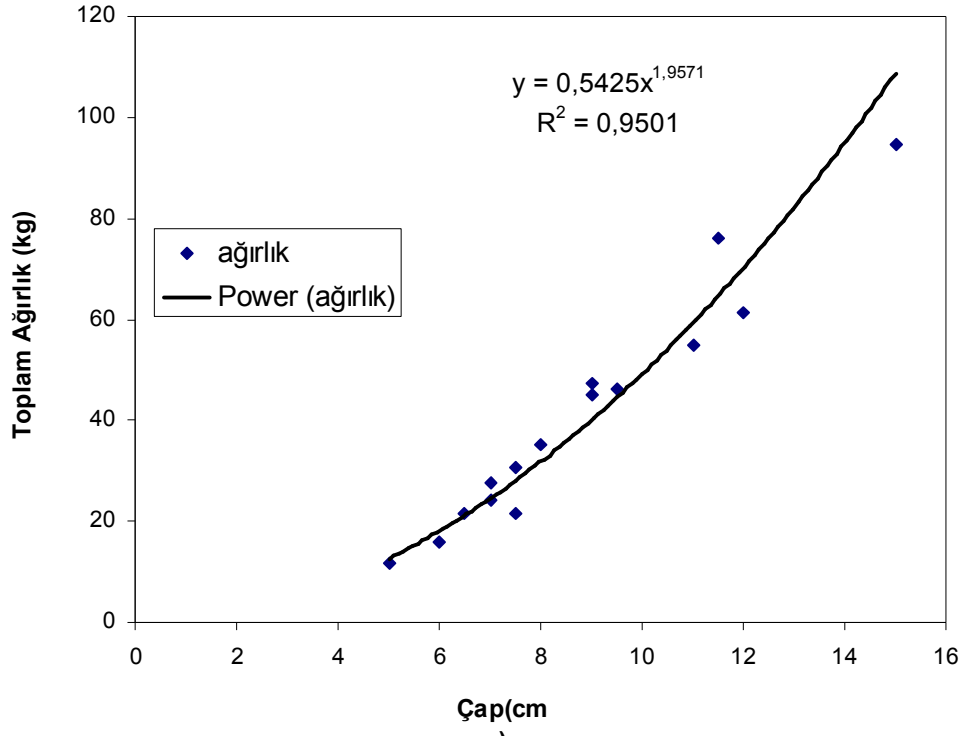
Çayırılık alanlarda 5 mm ve daha kalın çapta kökler olmadığından kalın kök kütlesi sadece akasya sahalarında çalışılmıştır. Kalın kök köktlesi derinlik ile önemli ölçüde azalmıştır. Derinlik ile kalın kök miktarının değişimi irdelendiğinde, kalın köklerin % 71 oranında 0-20 cm toprak katmanında, % 22 oranında 20-40 cm katmanında ve toplam olarak % 93'lik kısmın 40 cm toprak derinliğinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 13) (Şekil 27).

Çizelge 11. Kesilen ağaçların kuru ağırlıkları ve karbon içerikleri

Ağaç No	Çap (1.30)	Kuru Ağırlıklar (kg)				Karbon Eşdeğeri (kg C)			
		Gövde	Dal	Yaprak	Toplam	Gövde	Dal	Yaprak	Toplam
1	9	34,6	7,8	2,6	44,9	16,0	3,8	1,1	20,8
2	8	27,1	6,4	1,9	35,3	12,5	3,1	0,8	16,4
3	9	37,6	7,1	2,8	47,5	17,4	3,4	1,2	22,0
4	7	16,5	4,9	2,6	24,1	7,6	2,4	1,1	11,1
5	7	21,8	3,5	2,3	27,7	10,1	1,7	1,0	12,7
6	12	49,6	8,5	3,3	61,4	22,9	4,1	1,4	28,4
7	15	76,7	12	6,1	94,8	35,4	5,8	2,5	43,7
8	11	41,4	9,9	3,8	55	19,1	4,8	1,6	25,5
9	6,5	16,5	3,5	1,6	21,7	7,6	1,7	0,7	10,0
10	7,5	21,1	7,1	2,3	30,5	9,7	3,4	1,0	14,1
11	7,5	14,3	5,7	1,4	21,4	6,6	2,7	0,6	9,9
12	6	9,8	4,6	1,6	16	4,5	2,2	0,7	7,4
13	5	8,3	2,5	0,9	11,7	3,8	1,2	0,4	5,4
14	9,5	37,6	5,7	2,8	46,1	17,4	2,7	1,2	21,3
15	11,5	56,4	14,1	5,6	76,2	26,1	6,8	2,3	35,2

Çizelge 12. Akasya deneme alanlarında hektardaki toprak üst biyokütle ve karbon stoğu değerleri

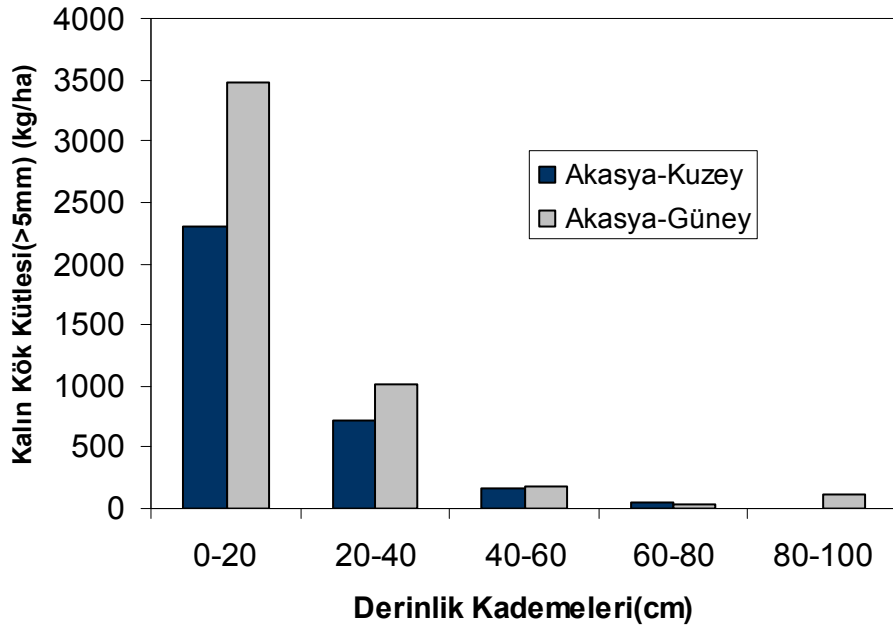
Deneme Alanı No	Toprak Üstü Biyokütle (kg/ha)		Toprak Üstü Karbon Stoğu (kg C/ha)	
	Kuzey	Güney	Kuzey	Güney
1	97849	83540	45214	38600
2	129311	50581	59763	23367
3	128641	61243	59449	28294
4	137787	117964	63676	54513
5	132819	98543	61377	45542
6	138513	93284	64018	43116
7	71205	79983	32901	36972
8	60501	52080	27954	24062
9	91508	77411	42281	35769
10	112602	109100	52036	50401
Ortalama	110074	79403	50867	36693
Genel Ortalama	94738		43780	



Şekil 26. Yalancı akasya sahalarında toplam ağaç kütlesinin çapa göre değişimi

Çizelge 13. Deneme alanlarındaki ortalama kalın kök miktarları ve kalın köklerdeki karbon stokları

Derinlik (cm)	Kalın Kök Miktarı (kg/ha)		Ortalama (kg/ha)	Karbon Stoğu (kg C/ha)
	Akasya-Kuzey	Akasya-Güney		
0-20	2295	3482	2888	1144
20-40	720	1009	864	342
40-60	164	173	169	67
60-80	43	30	37	14
80-100	0	119	59	24
Toplam	3222	4813	4018	1591



Şekil 27. Kalın kök(>5mm) kütlesi miktarlarının derinlik ile değişimi

4.4.2.2. Kılcal ve İnce Kök Kütlesi ve Karbon Eşdeğeri

Kılcal (0-2 mm) ve ince kök (2-5 mm) kütlelerine ilişkin veriler Çizelge 14, 15 ve 16'de verilmiştir. Kılcal kök (0-2 mm) kütlesi ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde farklılık göstermiştir. Sonbahar kök kütlesinden, ilkbahar kök kütlesi çıkarılarak yıllık kılcal kök üretimi belirlenmiştir (Maximum-minimum yöntemi) (Scurlock ve Ark., 2002; Santantano ve Ark., 1987). Kılcal kök karbon kütlesi ve yıllık karbon depolama değerleri Çizelge 15'de gösterilmiştir. Kuzey bakıdaki kök üretimi akasya sahasında

Çizelge 14. Deneme alanlarında ortalama kılcal kök kütleleri

Bitki Örtüsü	İlkbahar (kg/ha)	Sonbahar (kg/ha)	Yıllık Üretim (kg/ha)
Akasya Kuzey	1346	1597	252
Akasya Güney	643	2208	1565
Çayır Kuzey	1775	3455	1680
Çayır Güney	690	2379	1689

Çizelge 15. Deneme alanlarında ortalama kılcal kök (0-2 mm) karbon kütlesi ve yıllık karbon depolaması

Bitki Örtüsü	Kılcal Kök Karbon Stoğu		Ortalama Kılcal Kök Karbon Stoğu (kg C/ha)	Yıllık Karbon Depolama (kg C/ha)
	İlkbahar (kg C/ha)	Sonbahar(kg C /ha)		
Akasya Kuzey	495	588	541	93
Akasya Güney	235	813	524	576
Çayır Kuzey	690	1272	981	618
Çayır Güney	296	875	586	621
Ortalama	429	887	658	477

Çizelge 16. Derinlik Kademesi ve bakıya göre ortalama ince kök (2-5 mm) değerleri ve ince kök karbon stokları

Derinlik (cm)	İnce Kök Miktarı(kg/ha)		Ortalama (kg/ha)	İnce Kök Karbon Stoğu (kg C)
	Akasya-Kuzey	Akasya-Güney		
0-20	232	175	292	119
20-40	50	62	75	31
40-60	9	25	20	8
60-80	2	0	2	1
80-100	0	0	0	0
Toplam	292	263	389	159

oldukça düşük bulunmuştur. Ancak bu fark istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Benzer şekilde bitki örtüsüne göre kılcal kök kütlesinin değişimi anlamlı bulunmamıştır.

4.4.3. Toplam Biyokütle ve Karbon Stoğu

Araştırma sahası akasya alanlarında ortalama toplam biyokütle 100.5 ton/ha, toplam karbon stoğu ise 46.1 ton C /ha düzeyindedir (Çizelge 17). Akasya fidanlarının 1996 yılında dikildiği göz önüne alındığında yıllık ortalama biyokütle artışı kabaca hesaplandığında: $100.5/12=8.4$ ton/yıl civarında, yıllık ortalama karbon depolama ise $46.1/12=3.8$ ton C/yıl civarında olmuştur. Bu kaba bir hesaptır ve şu anda depolanan miktarlar bundan fazladır. Akasya alanında toprak altı biyokütle toplam biyokütlenin yaklaşık % 5.8'lik kısmını oluşturmaktadır. Çayırılık alanın yüzeyi çok yoğun şekilde otlandığından burada toprak üstü biyokütleyi hesaplamak mümkün olmamıştır. Çayırılık alanda ortalama kök kütlesi ise 2075 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Çizelge 17. Araştırma alanında ortalama toplam biyokütle ve karbon stoğu

	Bitki Örtüsü	Kılcal Kök	İnce Kök	Kalın Kök	Gövde	Dal	Yaprak	Toplam
Biyokütle (kg/ha)	Akasya	1449	389	4018	70580	17337	6821	100594
	Çayırılık	2075	0	0	-	-	-	2075
Karbon Stoğu (kg C/ha)	Akasya	533	159	1591	32616	8362	2802	46063
	Çayırılık	783	0	0	-	-	-	783

4.5. Ekonomik Faydaya İlişkin Bulgular

Araştırma alanı akasyalık sahada geçen 12 yılda üretilen gövde odunu miktarı 70.5 ton/ha'dır. Bir ster akasyanın 700 kg civarında olduğunu varsayar isek burada elde edilen servet yaklaşık 100 ster civarında olacaktır. Bunun Artvin Orman Bölge Müdürlüğü ortalama bir ster odun fiyatı olan 70 YTL ile çarptığımızda 7000 YTL civarında bir meblağ etmektedir. Artvin Çevre ve Orman İl Müdürlüğü Ağaçlandırma şubesinden alınan verilere göre 1 ha akasya sahasının ağaçlandırma gideri (fidanların 3x1.5 m arayla dikildiği varsayılarak) yaklaşık 2760 YTL düzeyindedir. Bu haliyle akasya ağaçlandırması 12 yılda yapılan masrafın yaklaşık 2.5 kat üzerinde bir değere ulaşmıştır.

V. TARTIŞMA

5.1. Toprak Özelliklerine İlişkin Bulguların İrdelenmesi

5.1.1. Toprak Solunumu

Bu çalışmada bulunan toprak solunumu değerleri literatürdeki değerler ile benzerlik göstermektedir (Jurik ve Ark., 1991; Kucera and Kirkham, 1971; Raich ve Tüfekçioğlu, 2000; Tüfekçioğlu ve Ark., 2001; Tüfekçioğlu ve Küçük, 2004). Toprak solunumu bahar ve yaz dönemlerinde kış dönemlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Kışın düşük toprak sıcaklıkları, yazında düşük toprak nemi toprak solunumunu kısıtlayan önemli ekolojik faktörler olarak bildirilmektedir (Kowalenko ve Ark., 1978).

Toprak solunumu çayırılık alanda akasya alanına göre daha yüksek bulunmuştur. Benzer sonuçlar Tüfekçioğlu ve Arkadaşları (2001) ve Tüfekçioğlu ve Küçük (2004) tarafından da bildirilmiştir. Çayırılık alanda daha yüksek toprak solunumu bulunmasında, çayır köklerinin akasya köklerine göre daha ince ve çok

dallanmış olmaları ve daha çabuk ayrışmaları, ayır kök kütlesinin akasyaya kıyasla daha fazla oranda st toprakta yoğunlaşması, ayır alanlarının akasya alanlarına göre daha sıcak olmaları gibi faktörler etkili olabilmektedir.

5.1.2. Toprak Nemi ve Sıcaklığı

Toprak nemi kuzey bakıda, güney bakıya göre daha yüksek bulunmuştur. Bu kuzey yarımküre için beklenen bir sonuçtur. Kuzey yarımkürede kuzey bakılar daha az güneşlenme sürelerine sahiptirler ve güneş ışınları bu bakılara, güney bakılara oranla daha geniş açıyla gelirler.

Toprak sıcaklığı çayırılık alanda akasya alanına oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu ağaçların tepe tacının gölgeleme etkisinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca ağaçlar transpirasyon ve intersepsiyonla daha fazla oranda su buharlaştırdıkları için, buharlaşan suyun serinletici etkiside aalık alanların daha serin olmasına neden olabilmektedir.

5.1.3. Toprak Tekstürü

5.1.3.1. Kum

Deneme alanlarına ait kum verileri incelendiğinde, st toprakta en yüksek kum içeriğı çayırılık alanda, en düşük kum içeriğı ise ormanlık alanda bulunmuştur. ayırılık alanlarda st toprağın kum içeriğinin yüksek olmasında, çayırılık alanlarda toprak yüzeyine daha fazla yağış sularının ulaşması ve kil fraksiyonunu yıkayarak toprak kesitinde aşağı horizonlara taşımasının etkisi olduğı sanılmaktadır. Zira, akasya alanlarında toprak yüzeyinin l örtü ile kapalı olması, tepe tacının yağımurun önemli bir kısmını (% 15-30) intersepsiyonla atmosfere geri göndererek toprağı ulaşmasına engel olması gibi etkenler, st toprağı daha az yağış ulaşmasına neden olarak, daha az kil yıkanmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca ayırılık alanların yoğun şekilde otlatma baskısına maruz kalmaları toprak yüzeyinin çıplak kalarak yağın yağışlara açık olmasına neden olmakta, bu da yüzey erozyonunu hızlandırarak ince fraksiyonun taşınmasına neden olmaktadır. Kum değerlerinin derinlikle azlaması, kil'in toprak kesitinde yağışların etkisi ile alt horizonlara taşınmasının bir sonucudur. Bu haliyle sahaların akasya ile aalandırılması, kilin st toprakta daha fazla

tutulmasını sağlayarak, akasyalık alanların, çayırılık alana kıyasla, daha iyi bir toprak koruma fonksiyonu ortaya koymasına neden olmuştur.

5.1.3.2. Kil

Deneme alanlarındaki toprakların kil içerikleri, kum içeriklerinin tersi yönde bir eğilim göstermektedirler. Üst toprakta yüksek olan kum oranının aksine, kil oranı üst toprakta düşük bulunmaktadır. Akasya alanları, çayırılık alanlara oranla üst toprakta daha fazla kil içeriği barındırmaktadırlar. Bunda yukarıda kum bölümünde izah edilen faktörlerin etkili olduğu sanılmaktadır. Ayrıca sahaların geçmişte asit yağışlara maruz kalmış olmasında üst topraktan kil yıkanmasını hızlandırıcı bir etken olarak algılanmaktadır. Zira Kantarcı (2000) üst toprakta pH değerinin 4.5 ve aşağı olması durumunda kil minerallerinin tahrip olarak ortamdan uzaklaştıklarını bildirmektedir.

5.1.3.3. Toz

Araştırma alanı topraklarının toz içerikleri derinlik ve bitki örtüne göre anlamlı değişim göstermezken, bakıya göre anlamlı değişim göstermiştir. Bunda kil ve kum içeriklerinin etkisi olduğu sanılmaktadır.

5.1.4. Toprak pH'sı

Deneme alanları pH bakımından oldukça farklı değerler göstermiştir. Kuzey çayır alanında ortalama pH 6.33 iken bu değer güney bakıdaki çayır alanında 4.14 gibi oldukça asit bir değerde bulunmuştur. Bu asitlik alana yakın yerlere dikilen akasyaların büyümelerinde yansımış, kötü gelişim göstermelerine neden olmuştur.

Araştırma alanı pH değerleri kuzey çayırılık alan hariç nispeten düşüktür. Bu düşük olmada ana etken alanın uzun süre asit yağışlara maruz kalmasıdır. Kalay ve Arkadaşları (1995) alanda yaptıkları çalışmada, asit yağışlara maruz kalan sahalar ile kalmayan sahaları karşılaştırmış, toprakların pH düzeyini maruz kalmayan sahalarda yaklaşık 1 birim yüksek bulmuşlardır.

5.1.5. Toprak Organik Maddesi

Araştırma alanında beklenilenin aksine akasya ağaçlandırmaları toprak organik maddesini istenilen düzeyde yükseltmemiştir. Çayırılık alanların yoğun

otlatmaya maruz kaldığında düşünülürse akasya alanında çayırılık alanlara kıyasla daha fazla organik madde beklenmekteydi. Ancak akasya sahalarında dikimden önce toprak işleminin yapılarak organik maddece fakir alt toprağın yüzeye taşınması bu araştırmada gözlemlenen düşük içeriğin belirlenmesinde etkili bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca çayırların daha ince, yoğun, yüzeyde yoğunlaşan ve hızlı ayrışan kök sistemlerine sahip olmaları, üst topraklarının organik maddece daha zengin olmasında etkili olabilmektedir.

Organik madde miktarı deneme alanlarında derinlikle beraber azalmıştır. Bu azalma çayır alanlarında daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Akasya alanlarında 30-50 ve 50-70 cm toprak derinlik katmanlarında organik madde miktarı çayırılık alanlara kıyasla daha fazladır. Bu da orman ağaçlarının çayırlara kıyasla daha derine giden kök sistemi geliştirmelerinden ve bu katmanlara kökleri ile organik madde kazandırmalarından kaynaklanabilmektedir. Ayrıca alanda toprak işleminin yapılmış olmasında organik maddece zengin üst toprağın derinlere karışmasına neden olmuş olabilir.

5.1.6. Toprakların Besin Elementi İçerikleri

Araştırma sahası toprakları azot içerikleri bakımından oldukça değişken durum göstermiş ve beklenen trendi sunmamıştır. Ayrıca analiz değerleride birbiri ile çok uyumlu gibi durmamaktadır. Akasyanın azot bağlayarak toprağı önemli oranda azotça zenginleştireceği varsayımı malasef çalışma sahası gibi asit yağışlara maruz kalmış, düşük pH değerli alanlar için geçerli gibi gözükmemektedir.

Deneme alanlarındaki toprakların fosfor içerikleri çayırılık alanlarda, akasya alanlarına kıyasla, kuzey bakılarda, güney bakılara kıyasla anlamlı olarak yüksek bulunmuş ve derinlikle anlamlı olarak azalmıştır.

Deneme alanlarındaki toprakların kalsiyum, magnezyum ve potasyum konsantrasyonları irdelendiğinde akasya alanlarında, çayır alanlarına kıyasla anlamlı olarak yüksek olduğu, bakı ve derinliğe göre irdelendiğinde istatistiki olarak anlamlı değişim göstermediği belirlenmiştir. Bazik katyonların akasya alanlarında daha yüksek olması yapraklı türlerin toprağın derinlerinden aldıkları bazik katyonları yaprak dökülmesi ile toprak yüzeyine taşımalarından kaynaklanabilir.

5.2. İnfiltrasyon

Akasya sahaları gerek infiltrasyon kapasitesi ve gerekse toplam infiltrasyon miktarı bakımından, çayırılık alanlara kıyasla daha yüksek değerlere sahiptir. Bu sonuç, akasya sahalarında kurulu yüzeysel akış deneme parsellerinde gözlenen düşük yüzeysel akış ve sediment taşınması bulgusu ile de paralellik arz etmektedir. İlkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerindeki toplam infiltrasyon miktarı karşılaştırıldığında en yüksek miktarın toprağın nispeten nemli olduğu sonbahar örneklemede gözlemlendiği görülmektedir. Brady ve Nail (1999) ıslak toprakların kuru topraklara göre daha yüksek infiltrasyon kapasitesine sahip olduklarını bildirmektedir.

5.3. Yüzeysel Akış ve Taşınan Sediment Miktarları

Akasyalık ve çayırılık alanlarda en fazla yüzeysel akış ve sediment taşınımı Ekim-Kasım dönemlerinde olmuştur. Çayır alanları ortalama olarak akasya alanlarının yaklaşık 10 katı kadar daha fazla suyu yüzeysel akışa geçirmişler, yaklaşık beş katı kadar fazla sediment taşınmasına neden olmuşlardır. Bu haliyle akasya ağaçlandırmaları yörede sel ve taşkınların ve erozyonun önlenmesinde çayır alanlarına kıyasla çok daha etkilidir.

Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da gözlemlenmiştir. Buğday tarlası, nadas alanı, mısır tarlası ve ormanı taşınan sediment miktarı bakımından karşılaştıran Aydemir(1973); mısır tarlasında 12546 ton/ha, buğday tarlasında 10184 ton/ha, nadas alanında 10357 ton/ha, fındıklıkta 3357 ton/ha, orman alanında ise ölçülemeyecek kadar az sediment miktarı belirlemiştir.

Balcı (1958), Elmalı Barajı yağış havzasında yaptığı çalışmada, toplam yıllık yağışın orman, çayır ve çıplak alanda sırasıyla %18, 36 ve 56'lık kısmının yüzeysel akışla uzaklaştığını belirlemiştir. İlgili çalışmadaki toplam yıllık yüzeysel akış miktarları orman, çayır ve çıplak alanda sırasıyla 2410, 4810 ve 7440 m³/ha olarak belirlenmiştir. Zengin (1997), İzmit yöresinde sahil çamı, radiata çamı, karaçam ve yapraklı türlerden oluşan baltalık meşcerelerinde yaptığı hidrolojik araştırmalarda, yıllık yüzeysel akış miktarlarını sırasıyla 52, 105, 102 ve 124 m³/ha olarak belirlemiştir.

Özhan (1982), yıllık 1095,6 mm yağış alan İstanbul Belgrad Ormanındaki meşe, baltalık ve karaçam meşcerelerinde yaptığı çalışmada, yıllık intersepsiyon

miktarını meşe için 171,3 mm, baltalık için 151.4 mm, karaçam için ise 310.2 mm olarak bulmuş; yıllık yüzeysel akış miktarını meşe için 438 m³/ha, baltalık için 526 m³/ha, karaçam için ise 328 m³/ha olarak ölçmüş; yıllık toplam buharlaşma miktarını ise meşe için 944.7 mm, baltalık için 872,2 mm, karaçam için ise 985,7 mm olarak belirlemiştir.

Bizim bulduğumuz yüzeysel akış ve taşınan sediment miktarı verilerinin daha düşük olmasında, bölgenin, diğer bölgelere göre nispeten daha yağışlı, nemli ve yoğun bitki örtüsü ile kaplı olmasının etkili olduğu sanılmaktadır.

5.4. Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

5.4.1. Topraküstü Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Alanda ortalama toprak üstü biyokütle 94.7 ton/ha olarak belirlenmiştir. Bunun gövde odunu kısmı 70.5 ton/ha'dır. Alanın 1996 yılında ağaçlandırıldığı göz önünde tutulursa, ortalama yıllık odun üretimi $70.5/12=5.8$ ton/ha.yıl olmaktadır. Bunu yalancı akasyanın odun yoğunluğuna böldüğümüzde, yıllık ortalama m³ cinsinden odun üretimi $5.8/0.7=8.2$ m³ ha/yıl olmaktadır. Bu değer uzun süre asit yağışlara ve şiddetli toprak erozyonuna maruz kalmış bir alan için oldukça iyi bir üretimdir. Yöredeki doğu ladini ormanlarının 4-5 m³ ha/yıl gibi ortalama yıllık artıma sahip oldukları düşünülürse, akasya ağaçlandırmalarının üretimi oldukça iyi bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır.

Deneme alanlarındaki ortalama toplam toprak üstü karbon stoğu 43780 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bu yaklaşık 3.6 ton C/ha.yıl değerine karşılık gelmektedir. Bu haliyle 2,3 ha'lık akasya ağaçlandırma sahası bir arabanın tüm ömrü boyunca havaya yaydığı karbonu (8.3 ton C; Çepel, 2002) bir yılda karşılayabilmektedir.

5.4.2. Toprakaltı Biyokütle ve Karbon Stokları

5.4.2.1. Kalın Kök Kütlesi ve Karbon Stoğu

Akasyalık alanlarda ortalama 4 ton kalın kök kütlesi bulunmuştur. Bu değer yaşlı meşcerelerde bulunan değerlerden oldukça düşüktür. Ancak Tüfekçioğlu ve Ark. (1999) tarafından ABD'denin Iowa eyaletinde kavaklıklarda bulunan değere yakındır (3.9 ton/ha).

Kalın kök miktarı derinlikle çok hızlı şekilde düşmüştür. Kalın köklerin %71'lik oranı toprağın üst 20 cm'lik derinlik kademesinde bulunmuştur. Bu bulgu akasyanın sığ kök yapan bir tür olarak bilinmesi gerçeğini destekler niteliktedir.

5.4.2.2. Kılcal ve İnce Kök Kütlesi ve Karbon Stokları

Deneme alanlarında akasyalık sahalarda ortalama kök kılcal kök kütlesi 1449, çayırılık alanda ise 2075 kg/ha'dır. Bu haliyle çayırılık alanlardaki ince kök kütlesi daha fazla gözükmemektedir fakat bu fark anlamlı bulunmamıştır. Benzer şekilde, yaşlı ladin ormanı ile çayırılık alanı karşılaştıran Tüfekçioğlu ve Küçük (2004), çayırılık alanda kılcal kök kütlesini daha yüksek bulmuştur.

5.4.3. Toplam Biyokütle ve Karbon Stoğu

Araştırma sahası akasya alanlarında ortalama toplam biyokütle 100.5 ton/ha, toplam karbon stoğu ise 46.1 ton C /ha düzeyindedir. Yöredeki ladin ormanlarının ortalama 150-200 ton/ha düzeyinde topraküstü biyokütleyle sahip oldukları düşünülürse bu çalışmada elde edilen değerin oldukça iyi olduğu gözlemlenmektedir.

Akasya alanında toprak altı biyokütle toplam biyokütlenin yaklaşık % 5.8'lik kısmını oluşturmaktadır. Bu değer literatürde diğer türler için verilen değerlerden daha düşüktür. Lavigne ve Krasowski (2007), Balsam göknarı ormanlarında sadece kalın kökün, toprak üstü gövde kütlesinin % 36'sını oluşturduğunu rapor etmiştir.

Akasya alanları çayır alanlarına kıyasla oldukça yüksek bir biyokütle ve karbon stoğuna sahiptirler.

5.5. Ekonomik Fayda

Araştırma alanında akasyalık sahada yapılan ağaçlandırmanın geçen 12 yılda kendisi için yapılan masrafın yaklaşık 2.5 katı bir değere ulaşmış olması ekonomik açıdan olumlu bir sonuçtur. Ancak bunun daha kapsamlı ve detaylı araştırmalar ile desteklenmesi gerekmektedir. Ekonomik açıdan detaylı araştırma bu projenin kapsamında öngörülmemiştir. Ayrıca çayır alanlarının hayvancılık amaçlı kullanım sonucu ürettikleri ekonomik değerinde hesaplanarak kıyaslamaların ona göre yapılması gerekmektedir.

VI. SONUÇ ve ÖNERİLER

Artvin-Murgul yalancı akasya ağaçlandırmaları, dikildikleri yıl olan 1996 yılından 2008 yılına kadar geçen süre göz önüne alınarak, toprak ıslahı, erozyonu önleme, karbon depolama ve ekonomik faydalar yönünden irdelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Yalancı akasya meşcereleri, bitişindeki ağaçlandırılmamış çayırlıklara kıyasla daha düşük toprak solunumuna sahiptirler. Topraktaki biyolojik aktivitenin önemli göstergelerinden biri olan toprak solunumunun çayırılık alanda yüksek bulunması, akasyanın toprakların biyolojik aktivitesini artıtmada çayır bitki örtüsü kadar etkili olamadığını göstermektedir.
2. Yalancı akasya meşcereleri toprak organik maddesi ve pH bakımından çayırılık alanlardan farklı bulunmamıştır. Ancak bakılar arasındaki fark pH bakımından anlamlıdır.
3. Araştırma alanındaki toprakların bitki besin maddesi içeriklerine bakıldığında, yalancı akasya ve çayır alanlarında azot içeriği bakımından anlamlı fark bulunmamış, fosfor içeriği çayırılık alanlarda daha fazla bulunmuş, kalsiyum, magnezyum ve potasyum içeriği ise akasyalık alanda daha yüksek bulunmuştur.
4. Akasya alanları, çayırılık alanlara kıyasla daha yüksek infiltrasyon kapasitesi ve kümülatif infiltrasyon göstermiştir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki infiltrasyon yaz mevsimindekinden daha fazladır.
5. Akasya alanları, çayır alanlarına kıyasla yüzeysel akışı ve sediment taşınmasını önlemede çok daha fazla etkilidir.
6. Akasya alanları karbon stokları ve karbon depolama bakımından çayır alanlarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur.
7. Akasya alanları, geçen 12 yıllık sürede dikim için yapılan ekonomik harcamaları karşılayacak meblağdan daha yüksek bir değere ulaşmıştır.
8. Sonuç olarak, yörede yapılacak ağaçlandırmalarda, erozyonu önleme, odun üretimi ve karbon depolama birincil amaç ise yalancı akasya ağaçlandırması tercih edilmeli, toprak ıslahı ve toprağın biyolojik aktivitesinin artırılması amaç ise çayır örtüsü tercih edilmelidir.

VII. KAYNAKLAR

- Aydemir, H., Bolu masifinde araziden faydalanma biçimlerinde yüzeysel akışla su kaybı ve toprak taşınması üzerine araştırmalar. Orm. Arş. Ens. Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No: 54. Cihan Matbaası, Ankara (1973).
- Balcı, A.N., Elmalı Barajının siltasyondan korunması imkanları ve vejetasyon su düzeni üzerine araştırmalar. İ.Ü. Fen Bilimleri Ens. Doktora Tezi. Yayınlanmamış. İstanbul (1958).
- Barret, R.P., Mebrathu, T. ve Hanover, J.W., Black locust: A multi-purpose tree species for temperate climates. p. 278-283. In: J. Janick and J.E. Simon (Eds.), advances in new crops. Timber Press, Portland, OR, USA (1990).
- Bozkurt, Y. A., Ağaç Teknolojisi. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3403, O.F. Yayın No: 380, İstanbul (1986).
- Brady, N. C. and R. R. Weil, The Nature and Properties of Soils. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A. (1999).
- Çepel, N., Ekolojik Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Tübitak Yayınları, No: 180. Ankara (2002).
- Duke, J. A. Handbook of Energy Crops. Unpublished. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke-energy/Robinia-pseudoacacia.html>.
- Eissenstat, D.M. and Yanai R.D., The ecology of root life span. P. 1-60, in Advances in Ecological Research, M Begon and AH Fitter (Eds.). Academic Press, San Diego, California, USA (1997).
- Gülçur, F., Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No: 201, İstanbul (1974).
- Hanover, J.W., Black locust: An Excellent Fiber Crop. Page 432-435. In J. Janick and J.E. Simon (Eds.), New Crops. Wiley, New York, USA (1993).
- Jurik, T.W., G.M. Briggs and D.M. Gates, Soil respiration of five aspen stands in Northern Lower Michigan. Am. Midl. Nat., **126**, 68-75 (1991).
- Kalay, H. Z., A.Tufekçioğlu ve M. Yılmaz, Göктаş (Murgul) Bakır İşletmelerinin çevreye özellikle toprak özelliklerine etkisi. I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler Kitabı, cilt III, s. 37-50. Trabzon, (1995).
- Kantarcı, M.D.: Toprak İlimi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No, 462, İstanbul, Türkiye. (2000).

- Kowalenko, C.G., K.C. Ivarson and D.R. Cameron, Effect of moisture content, temperature and nitrogen fertilization on carbon dioxide evolution from field soils. *Soil Biol. Biochem.*, **10**, 417-423 (1978).
- Keresztesi, B., Breeding and cultivation of black locust, *Robinia pseudoacacia*, in Hungary. *Forest Ecol. Mgmt.* 6:217-244 (1983).
- Kucera, C.L. and D.R. Kirkham, Soil respiration studies in tallgrass prairie in Missouri. *Ecology* **52**, 912-915 (1971).
- Lavigne, M.B. ve Krasowski, M.J., Estimating coarse root biomass of balsam fir. *Can. J. Forest Research*, 37, 991-998 (2007),
- Özhan, S., Belgrad ormanındaki bazı meşcerelerde evapotranspirasyonun deneysel olarak saptanması ve sonuçların ampirik modellerle karşılaştırılması. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2906, O.F. Yayın No. 311, İstanbul, (1982).
- Raich, J.W. and A. Tufekcioglu, Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochem.*, 48 (1), 71-90 (2000).
- Santantonio D. and Grace J.C., Estimating fine root production and turnover from biomass and decomposition data: a compartment-flow model. *Canadian Journal of Forest Research* 17, 900-908 (1987).
- Scurlock J.M.O. Johnson K. and Olson R.J., Estimating net primary productivity from grassland biomass dynamics measurements. *Global Change Biology* 8, 736-753 (2002).
- Smith A.L, C.L. Campbell, M.P. Diwakar, J.W. Hanover, and R.O. Miller. 1989. Extracts from black locust as wood preservatives: A comparison of the methanol extract with pentachlorophenol and chromated copper arsenate. *Holzforschung* 43:293-296.
- Sprent, J.I. and P. Sprent, Nitrogen fixing organism. *Pure and Applied Aspects*, Chapman and Hall, London, pp. 256 (1990).
- Tüfekçioğlu, A., J.W. Raich, T.M. Isenhardt and R.C. Schultz, Soil respiration within riparian buffers and adjacent crop fields. *Plant Soil*, 229, 117-124 (2001).
- Tüfekçioğlu, A., J.W. Raich, T.M. Isenhardt and R.C. Schultz, Biomass, carbon and nitrogen dynamics of multi-species riparian buffers within an agricultural watershed in Iowa, USA. *Agrofor. Sys.*, 57, 187-198 (2003).

Tüfekçioğlu, A. and M. Kucuk, Soil respiration in young and old oriental spruce stands and in adjacent grasslands in Artvin/Türkiye. Turk. J. Agric. For., 28, 429-434 (2004).

Zengin, M., Kocaeli yöresinde orman ekosistemlerinin hidrolojik ağaçlandırmalar yönünden karşılaştırılması. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü. Yayın No: 217. İzmit (1997).